ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome X (1832-1835) des *Procès-verbaux des séances de l'Académie des sciences tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, *publiés par MM. les Secrétaires perpétuels*, est en distribution au Secrétariat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dérivée de la fonction $\Psi(x)$ de Gauss, quand x est commensurable.* Note de M. **Paul Appell**.

La fonction $\Psi(x)$, définie par Gauss comme la dérivée du logarithme de $\Pi(x)$ ou de $\Gamma(x+1)$, est donnée par l'intégrale

$$\Psi(x) = -\int_0^1 \left(\frac{1}{\log z} + \frac{z^x}{1-z}\right) dz,$$

d'où en dérivant

$$\Psi'(x) = -\int_0^1 \frac{z^x}{1-z} \log z \, dz.$$

Je me propose d'indiquer une liaison entre la fonction $\Psi'(x)$, où x est commensurable, et la fonction bien connue

$$\varphi(\lambda) = \int_0^\lambda \frac{\log(1-z)}{z} dz,$$

que j'étudie d'une façon générale dans un Mémoire actuel des *Acta mathematica*. Supposons $x = \frac{p}{q}$, où p et q sont des entiers $(q > 0)$; en faisant

$z = t^q$, on a

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = -q^2 \int_0^1 \frac{t^{p+q-1}}{1-t^q} \log t \, dt.$$

Si l'on décompose en fractions simples le coefficient de $\log t \, dt$, on obtient d'abord une partie entière $E(t)$ qui donne lieu à une intégrale connue I, puis une somme de fractions simples de la forme

$$\sum \frac{A}{1-\lambda t}$$

qui donne lieu à une somme d'intégrales :

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = I + \Sigma A \int_0^1 \frac{\log t \, dt}{1-\lambda t}.$$

Faisant $\lambda t = u$, et réunissant en J avec I la partie immédiatement intégrable,

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = J + \Sigma A \frac{1}{\lambda} \int_0^\lambda \frac{\log u}{1-u} du$$

ou encore, après une intégration par parties,

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = H + \Sigma A \frac{1}{\lambda} \varphi(\lambda),$$

H étant connu.

Comme il résulte de mon Mémoire des *Acta*, la fonction $\varphi(\lambda)$ est une somme de fonctions analogues, multipliées par des coefficients connus, toutes les fois que $\lambda = R(\mu)$, R désignant une fonction rationnelle. C'est ce qu'on voit en faisant, dans $\varphi(\lambda)$, la substitution $z = R(t)$ et remarquant que t varie d'une certaine valeur μ_0 à la valeur μ. On a, par exemple, ainsi qu'il est connu depuis longtemps,

$$\varphi(\mu^2) = 2[\varphi(\mu) + \varphi(-\mu)].$$

J'espère pouvoir développer les calculs précédents dans un autre Recueil.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Expression mathématique rigoureuse des ondes qui ont une surface caustique de révolution donnée.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Bien que l'équation des ondes en milieu isotrope

$$(1) \qquad \Omega^2 \Delta\varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}$$

ait été très étudiée, le problème très simple de la réfraction d'une onde sphérique isotrope à travers une surface plane n'a jamais été traité, à ma connaissance. La solution que fournit l'optique géométrique ne convient qu'au cas limite de longueurs d'onde infiniment courtes; le complément qu'on obtient en optique physique, quand on cherche les franges au voisinage des caustiques, n'est qu'une seconde approximation reposant sur des hypothèses relatives à la forme des surfaces d'onde lointaines et à la distribution des amplitudes sur celles-ci.

Or en toute rigueur ces hypothèses sont fausses.

Les surfaces d'onde non sphériques ne sont pas parallèles.

L'amplitude n'y est pas uniforme, même dans le cas des ondes sonores, et *a fortiori* en optique.

C'est ce qui résulte immédiatement de la substitution dans (1),

$$\varphi = f(x, y, z)\cos[2\pi\nu t - \varphi(x, y, z)], \tag{2}$$

qui, en mettant en évidence la vitesse de phase Ω_φ,

$$\frac{4\pi^2\nu^2}{\Omega_\varphi^2} = \varphi_x'^2 + \varphi_y'^2 + \varphi_z'^2, \tag{3}$$

donne les deux équations de condition (¹)

$$\frac{1}{\Omega_\varphi^2} = \frac{1}{\Omega^2} + \frac{1}{4\pi^2\nu^2}\frac{\Delta f}{f}, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(f^2\varphi'_x) + \frac{\partial}{\partial y}(f^2\varphi'_y) + \frac{\partial}{\partial z}(f^2\varphi'_z) = 0. \tag{5}$$

Les normales aux ondes ne sont pas, en général, des droites. La vitesse Ω_φ change avec la courbure de l'onde et la distribution de l'amplitude. Dans un tube de normales aux ondes, le produit $\frac{f^2\,dS}{\Omega_\varphi}$ se conserve.

2. Dans la présente Note, je vais construire, à l'aide des fonctions sphériques de Legendre et de celles de Stokes (²), une expression rigoureuse de φ pour une onde de révolution ayant une caustique de méridienne donnée, le long de laquelle il n'y a pas de source.

Une telle expression conviendra pour représenter l'onde provenant d'une source sonore ponctuelle, isotrope ou de révolution autour de l'axe Oz, après qu'elle a traversé un nombre quelconque de surfaces réfringentes de révolution autour du même axe.

(¹) BRILLOUIN, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1135.

(²) Lord RAYLEIGH, *On Sound*, t. 2, p. 237 et suiv. Macmillan, 2ᵉ édition.

On pourra également l'utiliser, après transformations convenables, en optique électromagnétique, pour des doublets sources placés sur l'axe.

3. On sait qu'en prenant $(k\Omega = \theta)$

$$\varphi_n = \frac{e^{i\theta t}}{r}[e^{-ikr} f_n(ikr) - (-1)^n e^{ikr} f_n(-ikr)] \, P_n(\mu)$$

le point $r = 0$ n'est pas un point source; φ_n n'y devient pas infini (1).

D'autre part, on sait que sur une sphère la fonction

$$\psi(\mu) = B(\lambda) \sum_0^\infty \frac{2n+1}{2} P_n(\lambda) \, P_n(\mu)$$

est nulle partout, sauf sur le parallèle $\mu = \lambda$, où elle devient égale à $B(\lambda)$.

Combinons ces deux propriétés connues et nous obtiendrons un potentiel d'ondes concentrées au voisinage du point $z = -\zeta(\lambda)$, $x = y = 0$, et au voisinage de la circonférence

$$(6) \qquad z = -\zeta(\lambda) + \lambda\rho(\lambda), \qquad x^2 + y^2 + [z + \zeta(\lambda)]^2 = \overline{\rho(\lambda)}^2,$$

en prenant

$$(7) \qquad \varphi(\mu, r, \lambda) = B(\lambda) \frac{e^{i\theta t}}{r_\lambda} \sum_0^\infty P_n(\mu) \, G_n(\lambda) \, R_n(kr_\lambda)$$

où l'on a posé

$$(8) \qquad \begin{cases} r_\lambda = +\sqrt{x^2 + y^2 + [z + \zeta(\lambda)]^2}, \\ R_n(kr) = e^{-ikr} f_n(ikr) - (-1)^n e^{ikr} f_n(-ikr), \\ G_n(\lambda) = \dfrac{2n+1}{2} P_n(\lambda) \dfrac{\rho(\lambda)}{R_n[k\rho(\lambda)]}. \end{cases}$$

Ce potentiel $\varphi(\mu, \nu, \lambda)$ correspond à ce qui provient d'un élément annulaire de la caustique, et de l'élément correspondant de l'axe.

4. Définissons maintenant la méridienne de la caustique, enveloppe des rayons λ émanés des points $-\zeta(\lambda)_n$: cette condition détermine $\rho(\lambda)$ en fonction de $\zeta(\lambda)$:

$$(9) \qquad \rho(\lambda) = -(1 - \lambda^2) \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda}.$$

Limitons la caustique à son sommet d'une part

$$\lambda = 1, \qquad z = -\zeta(s), \qquad \rho = 0$$

et au parallèle λ_1 (ordinairement $\lambda_1 = 0$) d'autre part.

---

(1) Lord RAYLEIGH, *On Sound*, t. 2, p. 260, 2e édition.

Laissons arbitraire la répartition des amplitudes et des phases le long de l'axe, en prenant pour $B(\lambda)$ une fonction complexe $B_1(\lambda)+iB_2(\lambda)$, arbitraire. L'onde totale aura pour potentiel

$$\Phi = e^{i\theta t}\int_1^{\lambda_1}\left[\frac{B(\lambda)}{r_\lambda}\sum_0^\infty P_n(\mu)\,G_n(\lambda)\,R_n(kr_\lambda)\right]d\lambda, \tag{10}$$

dont la caustique a pour méridienne la courbe

$$\left\{\begin{aligned} z &= -\zeta(\lambda)-\lambda(1-\lambda^2)\frac{\partial\zeta}{\partial\lambda},\\ x^2+y^2+[z+\zeta(\lambda)]^2 &= (1-\lambda^2)^2\left(\frac{\partial\zeta}{\partial\lambda}\right)^2. \end{aligned}\right. \tag{11}$$

Le mouvement est périodique simple, de période $2\pi:\theta$.

Bien entendu, on doit prendre séparément la partie réelle de l'expression complexe Φ.

La discussion et les applications de la formule (10) trouveront place dans un autre Recueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau chromogène cristallisé, l'esculétol, retiré du marronnier d'Inde.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **Y. Djoritch.**

Il existe dans l'enveloppe des fruits du marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum* L.) une substance dissoute très remarquable : incolore tant qu'elle reste enfermée dans les cellules vivantes, elle devient rapidement jaune foncé quand, par suite d'une lésion des tissus, le suc est exposé au contact de l'air. Ce phénomène de coloration, en rapport évident avec la fonction respiratoire, est surtout sensible avec les fruits peu avancés et on l'observe communément lorsque, peu de temps après la floraison, les jeunes marrons tombent sur le sol et qu'on les écrase en marchant.

Nous avons réussi, comme nous allons le décrire, à séparer la substance chromogène à l'état pur et cristallisé, et nous avons pu reconnaître alors que son jaunissement, dans les circonstances indiquées plus haut, est due à l'intervention de la laccase qui l'accompagne dans la plante [1].

---

[1] La présence de la laccase dans le fruit du marronnier avait été reconnue antérieurement (G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 121, 1895, p. 166).

Pour extraire la substance chromogène, que nous appellerons désormais *esculétol*, on jette les jeunes marrons, frais et entiers, dans cinq fois leur poids d'alcool à $\frac{95}{100}$, porté préalablement à l'ébullition. On maintient celle-ci une demi-heure, puis on laisse refroidir et on filtre. Le liquide est évaporé par distillation sous pression réduite jusqu'à la consistance d'un sirop que l'on agite vigoureusement avec plusieurs fois son volume d'éther. On décante la solution éthérée et l'on recommence cinq ou six fois la même extraction. Les solutions éthérées sont réunies, décantées après 24 heures de repos, puis distillées. Le résidu de la distillation, vert et sirupeux, est versé dans une capsule et abandonné à l'air jusqu'à dessiccation complète. L'esculétol cristallise alors, au milieu d'un mélange de chlorophylle, de cires, de matières grasses, etc. On pulvérise la masse et on la traite, à plusieurs reprises, par de petites quantités d'éther anhydre, puis d'éther de pétrole. Les substances étrangères se dissolvent et, résultat digne d'attention, l'esculétol, presque pur, reste tout entier comme résidu.

On purifie le chromogène en le dissolvant dans vingt fois son poids d'eau bouillante, filtrant à travers un filtre de papier mouillé, concentrant au quart par distillation sous pression réduite, et laissant cristalliser. L'esculétol met plusieurs jours à se déposer. On essore les cristaux, on les lave avec un peu d'eau froide et on les sèche dans le vide, sur l'acide sulfurique.

Les eaux mères donnent, par concentrations successives, de nouvelles quantités de substance qui portent le rendement total à un peu plus de $2^g,5$ par kilogramme de marrons frais.

Il est probable que l'esculétol se comporte, au cours de cette préparation, dont les phases comportant l'emploi de l'éther ont une allure paradoxale, comme une substance pouvant exister sous plusieurs états d'agrégation moléculaire différents : parmi ceux-ci, le plus simple serait assez soluble dans l'eau et dans l'éther, tandis que le plus élevé, celui qui correspond à la forme cristallisée, serait, au contraire, fort peu soluble dans les mêmes dissolvants. L'un de nous a déjà rencontré et mis à profit des cas de ce genre lorsqu'il a étudié la dioxyacétone ([1]), le bolétol ([2]) et la vicianine ([3]).

L'esculétol se dépose assez lentement de sa solution aqueuse sursaturée

---

([1]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 341 et 422.

([2]) *Ibid.*, t. 134, 1902, p. 124.

([3]) *Ibid.*, t. 143, 1906, p. 832.

en prismes, généralement groupés en rosaces, translucides et brillants, de plusieurs millimètres de longueur. Quand on dessèche ces prismes dans le vide sur l'acide sulfurique, ils se déshydratent partiellement avec une grande facilité et se réduisent en poudre formée de lamelles irrégulières et de fines aiguilles.

L'esculétol pur est incolore, mais il prend lentement à l'air, par oxydation, une teinte rosée ou jaune rougeâtre plus ou moins accentuée. Après avoir été deshydraté dans le vide sur l'acide sulfurique, il fond au bloc Maquenne entre + 275° et 280°.

Insoluble dans le sulfure de carbone, le benzène et le chloroforme, presque insoluble dans l'éther de pétrole, il est, au contraire, très soluble dans l'acétate d'éthyle. En opérant par agitation continue, durant 24 heures, en présence d'un excès de substance pulvérisée, nous avons trouvé, d'autre part, qu'il s'en dissolvait :

Dans l'éther anhydre...........	0,032	pour 100 à	+17°
Dans l'éther ordinaire..........	0,34	»	+17°
Dans l'alcool à 95°.............	11,36	»	+17°
Dans l'eau.....................	0,41	»	+20°

Enfin, nous avons trouvé une solubilité dans l'eau bouillante voisine de 5,5 pour 100.

Le nouveau chromogène n'est pas un glucocide. Il réduit le réactif cupropotassique, mais son pouvoir réducteur, mesuré en opérant dans une atmosphère d'hydrogène, n'augmente pas après un chauffage préalable avec de l'acide chlorhydrique étendu. D'autre part, on ne peut reconnaître après ce chauffage la présence d'aucun sucre précipitable à l'état d'osazone.

Par contre, en solution aqueuse, l'esculétol se colore en vert intense par l'addition ménagée de perchlorure de fer, en jaune brunâtre avec absorption d'oxygène, par la potasse et la soude. Il est précipité en partie par l'acétate neutre de plomb et en totalité par l'acétate basique. Il réduit immédiatement à froid l'acide iodique et le chlorure d'or, très rapidement à chaud le nitrate d'argent et même l'acétate de cuivre [1]. Il se comporte, en définitive, comme un phénol très oxydable.

Ces caractères nous ont suggéré un mode d'extraction du chromogène moins coûteux que le précédent, n'exigeant pas comme lui de grandes quantités d'alcool.

Dans ce nouveau mode d'extraction, on introduit les jeunes marrons

(1) Des détails sur ces réactions seront donnés dans un autre Recueil.

frais dans de grands flacons ou des touries de verre avec à peu près trois fois leur poids d'eau additionnée de 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de quelques gouttes de chloropicrine par litre. L'acide a pour but de paralyser la laccase (¹) et la chloropicrine d'empêcher toute fermentation (²). Les récipients doivent être remplis et bouchés. Après quelques semaines de macération, durant lesquelles on agite de temps en temps, la solution acide est décantée, les fruits sont broyés et pressés ; enfin les liquides réunis sont saturés, à la température du bain-marie, par le carbonate de plomb. On laisse refroidir, on sépare le chlorure métallique en filtrant et l'on concentre par distillation dans le vide. L'extrait sirupeux est ensuite traité par l'éther, comme il a été indiqué pour l'extrait alcoolique. Ce procédé supprime la dépense d'alcool, mais il ne donne une substance pure qu'après plusieurs recristallisations, de sorte que son rendement est inférieur à celui du premier procédé.

Nous avons opéré principalement sur les jeunes fruits du marronnier à fleurs rouges, mais les jeunes fruits du marronnier à fleurs blanches se sont comportés de la même manière. Nous avons également retiré de l'esculétol de l'enveloppe encore verte des fruits développés et de l'écorce des jeunes rameaux.

La solution aqueuse d'esculétol est très rapidement oxydée, en présence de l'air ou de l'oxygène, par l'addition d'un peu de laccase extraite, soit du marronnier, soit du latex de l'arbre à laque. Elle prend alors une coloration jaune d'or puis jaune ocracé, identique à celle du suc cellulaire des petits marrons que l'on écrase.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la microflore autochtone de la terre arable.* Note (³) de M. S. WINOGRADSKY.

En étudiant la marche de la dégradation des matières organiques dans le sol, on est amené à distinguer deux périodes qui se succèdent, ainsi que deux grands groupes de microbes qui y correspondent, ou qui y président.

La première est caractérisée par des processus relativement rapides et violents, dont les phases successives perdent pourtant peu à peu ce caractère, à mesure que la molécule organique devient de moins en moins atta-

(¹) G. BERTRAND, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 340.

(²) G. BERTRAND et M. ROSENBLATT, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1350 et 1468.

(³) Séance du 31 mars 1924.

quable pour la majorité des ferments. Le tour de la seconde vient aussitôt après que la substance organique, enrichie de carbone inutilisé, est transformée en matière brune ou noire, qui est partie intégrante de la terre arable. L'allure des phénomènes est alors définitivement changée : elle assume ce caractère de combustion lente tant étudiée par les chimistes agronomes, mais dont les microbiologistes n'ont pas même abordé encore l'étude.

On connaît un nombre assez considérable d'espèces microbiennes appartenant au premier groupe : se prêtant bien à la culture sur les milieux conventionnels riches en matières azotées et en hydrates de carbone, elles ont été isolées sans difficulté. Les méthodes en cours, basées exclusivement sur des procédés de culture n'en découvrant pas d'autres, ce sont ces espèces qui sont censées actuellement représenter la microflore du sol.

Or, en suivant leur origine et leur activité, on s'assure qu'elles pénètrent périodiquement dans le sol du dehors avec les corps organiques en voie de décomposition, cadavres d'animaux, restes de plantes, fumier enfoui etc. ; qu'elles ne mènent et n'achèvent dans le sol que des processus généralement déjà en train, favorisées seulement par l'abri qu'elles y trouvent, par l'humidité et les bases qu'elles peuvent lui emprunter ; mais ne vivant qu'aux dépens de leurs substances de prédilection récemment incorporées au sol, ces microbes n'exercent leur action qu'autant que durent celles-ci, après quoi ils passent à l'état de formes de repos, qui peuvent se conserver indéfiniment dans la terre.

Si donc l'on s'entend — ce qui paraît logique — à considérer comme *biologiquement normal* un sol qui ne contient pas de corps organisés en voie de décomposition, ni généralement de matière fermentescible, telle que matière protéique ou amidée, hydrates de carbone, alcools supérieurs, certains acides organiques, etc., mais rien autre chose, comme aliment organique, que de la matière brune ou noire, on peut affirmer que le groupe en question y sera complètement inactif : il ne peut donc faire partie de la microflore d'un sol normal.

Par la méthode directe que nous préconisons ([1]), qui est basée sur l'étude microscopique de la terre, il est aisé de prouver cette manière de voir. En effet, l'examen microscopique le plus soigneux d'un sol normal ne découvre à l'état végétatif aucun des ferments actifs des substances ci-dessus citées : ni bacilles — qu'on croyait si caractéristiques du milieu terre —, ni levure,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1001.

ni mucédinées, etc. Ces microbes n'y sont présents qu'à l'état de formes résistantes, lesquelles, tantôt par leur nombre restreint, tantôt par leur petitesse et leur colorabilité difficile, échappent généralement à l'examen microscopique de la terre.

Veut-on les faire pulluler, il n'y a qu'à ajouter à la terre une substance organique appropriée de la catégorie de celles que nous avons cité. L'effet en est immédiat, mais éphémère, car les pullulations s'arrêtent, en ne laissant à la terre qu'une nouvelle réserve de formes de repos, aussitôt que les substances qui ont déclenché leur pullulation sont détruites.

Ces expériences des plus simples sont des plus démonstratives. Elles démontrent clairement que l'activité de ce groupe d'espèces microbiennes est bien liée à l'apport de substances étrangères à la terre arable et que, par conséquent, leur activité ne peut y être qu'intermittente, coupée qu'elle est, — autant qu'il s'agit du moins de la terre des champs, — par des périodes de repos plus longues que les périodes d'activité.

En laissant donc de côté ce groupe de microbes largement répandus dans tous les milieux et nullement spécial au milieu terre, il y a lieu de croire que la microflore propre à la terre arable normale est restée encore inconnue et que c'est là qu'il faudrait chercher les agents du processus de combustion lente, si caractéristique pour ce milieu naturel.

En effet, l'application de la méthode directe nous a permis de découvrir, dès le début de nos recherches au laboratoire de l'Institut Pasteur de Brie-Comte-Robert, un nombre d'espèces encore inconnues, peuplant une terre arable n'ayant reçu aucune fumure pendant plusieurs années.

On retrouvait une microflore pareille, mais plus abondante dans de la poudre de gadoue consommée, réduite à l'état de terreau noir inodore.

Le terreau brun provenant d'un fumier de cheval consommé laissait voir en abondance les mêmes organismes.

En ajoutant à la terre relativement pauvre de nos expériences de ces terreaux, noir ou brun, on y faisait pulluler les mêmes formes, et rien qu'elles.

Ces observations assez nombreuses et suivies nous portent à voir dans ce groupe des *organismes humicoles*, spécialement adaptés, par conséquent, au milieu qu'ils habitent, et c'est ce que nous voulons dire en les réunissant sous la désignation commune de *microflore autochtone* de la terre arable.

En attendant que l'hypothèse concernant leur fonction, quelque probable qu'elle puisse paraître, soit confirmée par des expériences directes que nous nous proposons d'exécuter, nous poursuivons l'étude botanique

du groupe, étude qui ne peut avancer que lentement, à cause du développement très lent de ces espèces et de la difficulté encore insurmontée de les isoler à l'état de pureté. Malgré cela, on arrive à les différencier et à les classifier, du moins provisoirement, grâce à leurs traits morphologiques assez saillants, touchant à des différences de taille, très considérables, au mode de division des cellules, à leur groupement en colonies caractéristiques, à la formation, très remarquable, de capsules ou de vraies kystes, et à d'autres caractères de moindre importance.

Un caractère commun à tous, c'est leur forme sphérique ou arrondie; à de rares exceptions près, ce sont des coccus, dont quelques-uns de vrais géants entre leurs congénères.

Pour avoir des colonies visibles à l'œil nu sur milieu solide, nous nous servons de milieux, composés de terre fine ou de terreau de gadoue ou de terreau de fumier, le tout gélatinisé par la gélose ou par l'hydrogel silicique. Si on dépose sur la surface de ces gelées opaques, après stérilisation, des particules de terre aussi minuscules que possible, on voit se former lentement autour de ces particules, comme centres, des colonies brunâtres, atteignant quelques millimètres de diamètre qui sont composées d'un mélange des espèces autochtones observées dans la terre. Il est probable qu'on réussira à dissocier ce mélange au moyen de milieux du même genre imitant autant que possible les conditions naturelles. Mais ce travail demande du temps.

ÉLECTRICITÉ. — *Abaque pour le calcul des constantes caractéristiques des lignes de transmission aérienne à haute tension.* Note de M. A. **Blondel**.

L'emploi des abaques hyperboliques ([1]) et plus généralement de toutes les méthodes de calcul de la propagation des courants périodiques, exige des calculs préalables un peu pénibles pour la détermination des deux constantes dites impédance caractéristique et constante de propagation. Ces calculs pourront être évités par des abaques nouveaux qui donnent directement la valeur de ces constantes en fonction des données de construction de la ligne (supposée polyphasée pour plus de généralité).

([1]) Cf. A. Blondel, *Calcul électrique des lignes haute tension* (*Revue générale d'Électricité*, t. 8, 1920, p. 163 et suiv.). — Blondel et Lavanchy, *Applications, etc.* (*Ibid.*, p. 667 et suiv.). — Voir aussi : A. Blondel et Lavanchy, *Résumé pratique du calcul électrique des transmissions d'énergie* (*Revue générale d'Électricité*, t. 14, 1923, p. 775).

Soient a le rayon des conducteurs, d la distance entre les axes des conducteurs, $f = \frac{1}{T}$ la fréquence, ω la vitesse de pulsation (en appelant T la période) $\omega = 2\pi f$, puis r, l, c, g les résistance, inductance, capacité et perditance kilométriques.

Les constantes vectorielles en notation symbolique ($j = \sqrt{-1}$ étant le symbole des grandeurs imaginaires) ont pour expression :

Impédance vectorielle par kilomètre :

$$\bar{z} = r + j\omega l; \tag{1}$$

Admittance vectorielle :

$$\bar{w} = g + j\omega c; \tag{2}$$

Impédance caractéristique :

$$\bar{m} = \sqrt{\frac{\bar{z}}{\bar{w}}} = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\varpi c}}; \tag{3}$$

m est homogène à une impédance.

Constante de propagation (qui est un nombre) :

$$\bar{n} = \sqrt{\bar{z}\,\bar{w}} = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)}. \tag{4}$$

Pour établir les abaques de (3) et (4), remplaçons ces formules par les deux suivantes :

$$\bar{m} = \sqrt{\frac{l}{c}}\,\frac{\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}}}{\sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}}, \tag{5}$$

et

$$\bar{n} = \omega\sqrt{lc}\,\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}}\,\sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}, \tag{6}$$

dans lesquelles le premier radical met en évidence simplement l'inductance et la capacité; la résistance et la perditance figureront seulement dans les radicaux correctifs

$$\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}} \quad \text{et} \quad \sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}.$$

La perditance est une grandeur faible, très variable suivant les conditions atmosphériques : température, etc., et qu'on ne peut évaluer que par des formules empiriques de Peck; on cherche toujours à la rendre aussi petite

que possible en prenant les conducteurs assez gros et suffisamment écartés; nous pouvons donc provisoirement remplacer par l'unité le radical collectif contenant g et le réserver pour un calcul de seconde approximation.

Pour les lignes de transport d'énergie, la vitesse de pulsation $\omega = 2\pi f$ a été normalisée dans la plupart des pays à la valeur 314 correspondant à $f = 50$ périodes par seconde ([1]); nous posons donc $\omega = 314$.

On a pour la réactance et la capacitance les formules connues :

$$(7) \qquad \omega l = 2\pi f \left(0{,}5 + 2 \log_e \frac{d}{a}\right) 10^{-4} \text{ ohm/km},$$

$$(8)\ ([2]) \qquad \omega c = \frac{2f}{10 \log_e \dfrac{d}{a}} 10^{-6} \text{ mho/km}.$$

Prenons, comme variable, le rapport $\frac{d}{a}$ auquel on peut donner le nom d'*espacement relatif des conducteurs*. Ce rapport n'entre que sous le symbole logarithmique. On est ainsi conduit à tracer des abaques cartésiens dont les abscisses portent une division logarithmique; sur cet axe on portera les valeurs de $x = \text{lov}\,\frac{d}{a}$, en appelant *lov* les logarithmes vulgaires; la division permettra de lire directement $\frac{d}{a}$ lui-même au lieu de la variable x.

Les formules (7) et (8) s'écrivent :

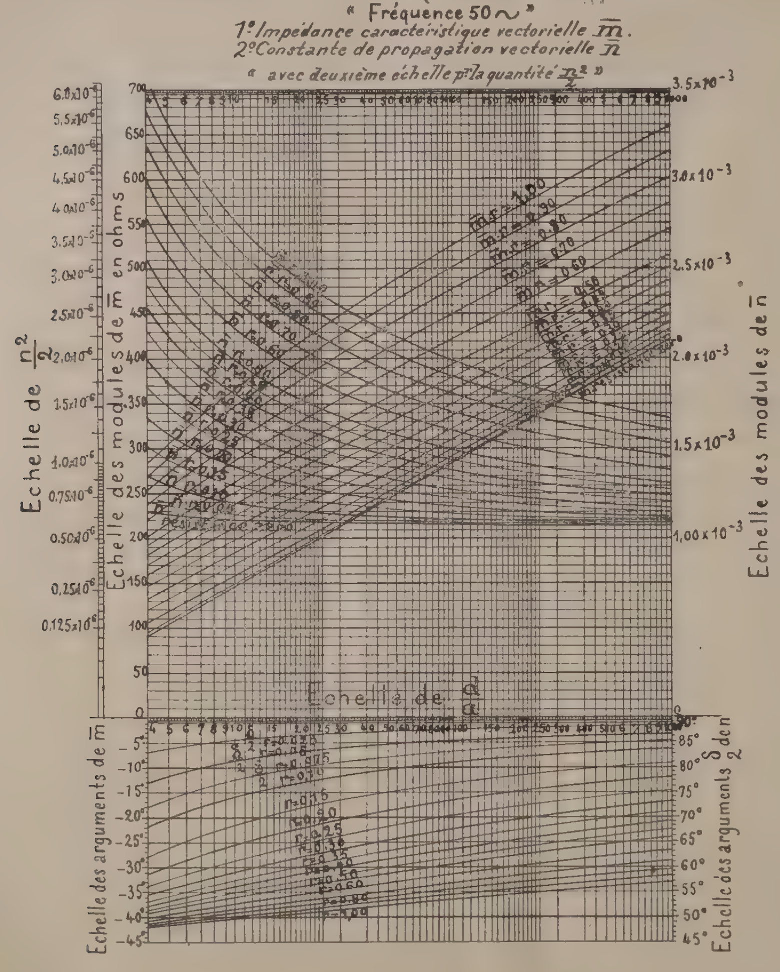
$$(9) \qquad \omega l = 4\pi f\, 10^{-4}\, (0{,}25 + x \,\text{lov}\, e = y',$$

$$(10) \qquad \omega c = \frac{2\pi f . 10^{-6}}{18 \times \text{lov}\, e} = y'',$$

([1]) On trouve exceptionnellement en France quelques réseaux à 25 périodes, d'où $\omega = 157$, et en Amérique à 60 périodes, d'où $\omega = 377$. Il n'est donc pas nécessaire de tracer des abaques pour toutes les valeurs des fréquences; il suffit d'établir des abaques spéciaux pour les fréquences 25, 50 et 60 périodes; et encore, comme on le verra plus loin, on peut, pour la fréquence 25, utiliser très facilement les abaques établis pour la fréquence 50.

([2]) La formule (8) suppose négligeable la correction de la capacitance due à la capacité de l'ensemble des conducteurs par rapport au sol. Cette correction est en général très faible parce que les capacités des différents conducteurs parcourus par rapport au sol tendent à se compenser mutuellement par suite des décalages de phase entre les courants de ces conducteurs. Par exemple, un système de trois conducteurs triphasés n'a qu'une capacité sensiblement nulle par rapport au sol lorsqu'il est à une distance suffisante de celui-ci. L'augmentation de la tension normale force bien à écarter entre eux les conducteurs; mais en même temps, en pratique, on prend des pylônes plus élevés, ce qui compense l'effet d'augmentation de cet écartement. Étant donnée l'incertitude qui règne toujours sur la perditance et sur le degré d'approximation dont on peut se contenter dans ces calculs, nous croyons donc pouvoir complètement négliger la correction de la capacité par rapport au sol.

en appelant y' et y'' les ordonnées des courbes à déterminer. La première représente (pour f donné) une simple droite, la seconde une hyperbole



Abaque des constantes caractéristiques des lignes, en jonction de l'espacement relatif $\frac{d}{a}$ des conducteurs et de leur résistance kilométrique.

équilatère. On a tracé ainsi un abaque de z et w (modules et arguments) que je ne reproduis pas ici.

De même, pour chaque valeur de x, on déduit par (5) et (6) les valeurs de m et n dans l'hypothèse $r = 0$, $g = 0$:

(11) $$\overline{m}_0 = \sqrt{\frac{y'}{y''}} \underline{|0°},$$

(12) $$\overline{n}_0 = \sqrt{y' y''} \underline{|90°}.$$

On obtient ainsi les deux courbes des modules m_0, n_0 tracées sur l'abaque de la figure, et rapportées au même système d'abscisses que ci-dessus. Puis on y ajoute deux familles de courbes correspondant aux diverses valeurs du facteur correctif $\sqrt{1-\frac{jr}{\omega l}}$.

Posons

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{r}{\omega l};$$

le facteur correctif ξ peut alors s'écrire

$$(13)\qquad \overline{\xi} = \sqrt[4]{1+\left(\frac{r}{\omega l}\right)^2}\left(\cos\frac{\delta}{2} - j\sin\frac{\delta}{2}\right) = \frac{\cos\frac{\delta}{2} - j\sin\frac{\delta}{2}}{\sqrt{\cos\delta}}.$$

En notations vectorielles, c'est-à-dire en indiquant simplement le module et l'angle d'argument, cette formule équivaut à la suivante :

$$(14)\qquad \xi = \frac{1}{\sqrt{\cos\delta}}\,\Big|\underline{-\frac{\delta}{2}}\quad (^1).$$

Grâce au fait que le diamètre des conducteurs ne figure pas dans les formules (9) et (10), ξ et δ ne dépendent que de la résistance r et non de la nature du métal employé pour le cuivre.

On obtient donc les courbes des modules de m et de n en multipliant les ordonnées des courbes m_0 et n_0 par le facteur correctif ξ, pour différentes valeurs de r; et l'on porte au-dessous de l'axe des abscisses des ordonnées indiquant les angles correctifs $\frac{\delta}{2}$ pour les arguments négatifs de $\overline{m}$, comptés de 0° à $-45°$, et $90° - \frac{\delta}{2}$ pour les arguments de $\overline{n}$ comptés à partir de 90°.

L'emploi de l'abaque est des plus simples.

Quand on a à calculer une ligne, on se donne l'espacement des câbles, leur diamètre et la résistance indiquée par le constructeur; on en déduit immédiatement l'espacement relatif $\frac{d}{a}$. Au point de l'échelle logarithmique qui correspond à ce chiffre, on trace une droite perpendiculaire et on lit les

---

(1) Le facteur de correction ξ', de la perditance, s'écrirait symétriquement en introduisant un angle auxiliaire δ',

$$(15)\qquad \operatorname{tang}\delta' = \frac{g}{\omega c},$$

$$(16)\qquad \xi' = \frac{1}{\sqrt{\cos\delta'}}\,\Big|\underline{-\frac{\delta'}{2}}.$$

ordonnées du module et de l'angle sur les courbes qui correspondent à la résistance indiquée; on interpole s'il y a lieu.

L'abaque de la figure établi pour le calcul de l'impédance vectorielle $\overline{m}$ et de la constante de propagation vectorielle $\overline{n}$ des lignes industrielles à fréquence 50 peut servir pour la fréquence 25 en conservant l'échelle de l'impédance m, en doublant les chiffres de l'échelle de la constante n et en divisant par 2 les valeurs de la résistance r inscrites sur les différentes courbes, car c'est le moyen direct de conserver pour le rapport $\frac{r}{\omega l}$ qui caractérise ces courbes la même valeur qu'à 50 périodes.

J'établis un autre abaque pour les lignes téléphoniques en prenant comme vitesse de pulsation $\omega = 5000$ suivant l'usage, au lieu de 314.

L'abaque des m et n porte en outre sur la gauche une échelle des modules de $\frac{n^2}{2} = \frac{wz}{2}$, pour faciliter l'emploi des constructions graphiques approchées que j'ai publiées autrefois ([1]), dans lesquelles le vecteur $\frac{wz}{2}$ joue un rôle important, car il suffit de le retrancher de la tension d'arrivée à vide pour en déduire la tension de départ à vide correspondante; l'argument de ce vecteur est $\pi - \delta$ et se lit en doublant les chiffres de l'échelle des arguments portés à droite de l'abaque.

Correction de la perditance. — Pour les lignes usuelles, cette perditance est toujours très faible (par exemple, elle est de l'ordre de 10^{-8} mho pour les lignes aériennes à haute tension); elle ne modifie donc pas d'une manière sensible les modules de m et de n mais seulement la valeur des arguments; si l'on appelle θ' l'argument de l'admittance, $\theta' = \text{arc tang}\,\frac{\omega c}{g}$, on devra retrancher $\frac{\theta'}{2}$ de l'argument de m et ajouter au contraire $\frac{\theta'}{2}$ à l'argument de n; et θ' se déduit immédiatement de

$$\theta' = 90^\circ - \text{arc tang}\,\frac{g}{\omega c} \simeq 90^\circ - \frac{360^\circ . g}{2\pi\omega c}$$

en remplaçant, avec une approximation très suffisante, la tangente par l'arc correspondant. ωc se lit sur un abaque auxiliaire.

([1]) *L'Éclairage électrique*, t. 49, 1906, p. 121 et suivantes; et *La Lumière électrique*, t. 1, 2e série, 1908, p. 395; t. 2, 1908, p. 367; t. 7, 1909, nos 35, 36, et t. 8, 1909, n° 38.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la loi de perception à la limite de la portée des éclats des signaux lumineux.* Note de MM. **André Blondel** et **Jean Rey.**

La nouvelle Note que vient de publier M. Henri Piéron sur l'excitation lumineuse de la rétine par éclats brefs (¹) met en évidence que cet auteur ne poursuit pas l'étude du même problème que celui que nous avons étudié nous-mêmes. S'il a pu croire le contraire, c'est par suite d'une confusion de terminologie. M. Piéron appelle en effet « excitation lumineuse de la rétine par *éclats* brefs » ce que, dans le langage photométrique rigoureux défini par les Congrès internationnanx de Photométrie, on doit appeler une excitation par des « *éclairements* brefs » (²).

La loi que nous avons établi est uniquement destinée, comme nous l'avons exposé dans de nombreux travaux, à rechercher les conditions optima d'émission des signaux des phares ou des signaux analogues produits par des sources qui, destinés à être observées à grande distance, se comportent toujours pour l'observateur comme des sources *ponctuelles*.

Dès 1893 (³), l'un de nous a montré que la loi linéaire se raccorde à une loi exponentielle, contrairement à ce qu'avaient admis antérieurement Bloch et Charpentier.

Puis, dans les travaux que nous avons entrepris en collaboration (⁴), nous avons établi, d'autre part, que la loi de Bloch n'était exacte que pour des durées très courtes et que, entre celles-ci et la limite supérieure mentionnée ci-dessus, de laquelle la loi de Bloch devient la loi à appliquer pour la limite de portée des signaux de phare est de la forme : $it = a + bt$. Si cette loi se trouve en concordance avec celle que Norweg a établie pour la quantité d'électricité liminaire, c'est là une concordance satisfaisante pour

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 966.

(²) L'abus que l'on fait du mot « éclat » par des acceptions tout à fait différentes (en astronomie, « éclat d'une étoile », pour signifier « intensité lumineuse d'une étoile » ; en photométrie ancienne « éclat d'une source » pour définir la « brillance » ; en technique, « éclat d'un phare » pour signifier le « faisceau tournant d'une lentille de phare », etc.) conduit ainsi à de regrettables confusions. Il serait fort désirable de renoncer à l'emploi de ce vocable équivoque.

(³) *Proc. Maritime International Congress*, Londres 1893.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 54, et t. 168, 1916, p. 587.

l'esprit, mais qui ne présente aucun caractère de nécessité physiologique; car, ainsi que le fait remarquer M. Piéron, les lumières ponctuelles que nous avons étudiées peuvent n'exciter sur la rétine qu'un seul cône ou qu'un seul bâtonnet (sous réserve de la diffusion de l'image lumineuse) et présentent par conséquent un caractère tout à fait spécial au point de vue physiologique.

M. Piéron, qui a étudié l'excitation de la rétine par des *plages* lumineuses de dimensions *finies*, a cru voir une opposition entre ses résultats et les nôtres; en réalité, il n'y a entre eux aucune commune mesure puisqu'ils se rapportent à des phénomènes expérimentaux tout à fait différents.

Il nous est d'ailleurs difficile de nous faire, d'après les publications de M. Piéron, une idée exacte des conditions dans lesquelles il opère, car il n'a pas indiqué les dimensions des sources qu'il étudie ni la façon dont il définit l'égalité des visibilités limites; s'il parle bien de sensations liminaires, il ne paraît pas avoir, comme nous, défini la portée limite par la disparition de la sensation.

Il est à remarquer que, dans nos expériences, l'apparition et la disparition de la lumière brève ne sont pas appréciées par l'observateur lui-même, mais par un contrôleur qui note simplement les résultats qu'indique l'observateur, lequel reste toujours dans l'ignorance des conséquences à en déduire, et est mis par conséquent à l'abri de tout phénomène d'auto-suggestion. Si nous avons employé un grand nombre d'opérateurs n'ayant pas d'entraînement spécial, c'est justement pour éviter qu'ils aient des idées préconçues comme peuvent en avoir des opérateurs sélectionnés et entraînés. Nous avons cherché une loi qui puisse s'appliquer à la perception des signaux maritimes pour des observateurs quelconques, car les marins ne sont pas des hommes de laboratoire entraînés à la recherche physiologique (1).

Nos nouvelles expériences (2) nous ont permis de constater que notre loi n'est pas infirmée par des erreurs systématiques et reste applicable sans changement pour la signalisation maritime, signalisation dans laquelle il

---

(1) Nous nous sommes inspirés à ce point de vue des mêmes idées que celles dont s'inspirent les photométristes américains qui ont établi la courbe de visibilité *moyenne* de l'œil humain pour les différentes radiations en opérant sur un très grand nombre d'observateurs inexpérimentés, justement dans le but d'obtenir une moyenne applicable à l'homme normal, pas plus qu'eux, nous n'avons l'illusion de croire que les constantes que nous avons déterminées aient un caractère absolu et ne puissent varier avec les individus.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 276.

est d'ailleurs *impossible* de réaliser des signaux de durée inférieure au $\frac{1}{50}$ de seconde.

Puisque M. Piéron estime, réciproquement, que nos expériences ne peuvent rien prouver contre ses conclusions en ce qui concerne l'étude qu'il a entreprise de son côté, il n'y a pas lieu, croyons-nous, de prolonger un débat qui provenait d'un malentendu. Dans nos expériences, nous signalons cependant que nous avons pris toutes les précautions nécessaires pour assurer l'accommodation de l'œil au moyen de verres correctifs placés dans l'œilleton et pour fixer l'œil au moyen d'un petit index blanc placé immédiatement au-dessus du point lumineux à étudier, la direction de l'œil de façon que les images fussent reçues autant que possible sur la fovéa. Nous ne nous dissimulons pas d'ailleurs que, malgré ce procédé de fixation, la mobilité de l'œil peut amener de temps en temps l'image lumineuse brève sur des bâtonnets plutôt que sur des cônes, et rend ainsi très difficile d'obtenir des séries d'observations très concordantes.

Il nous semble, du reste, bien difficile d'obtenir en optique physiologique des lectures aussi concordantes entre elles que celles publiées par M. Piéron, surtout quand on est obligé d'arrêter et de régler l'appareil entre chaque série de lectures; c'est pourquoi notre nouvel appareil a été disposé de manière à permettre de faire immédiatement les comparaisons de cinq durées d'éclairement avec un même produit *it*, sans avoir à arrêter l'appareil. Ce dernier réalise, à ce point de vue, un progrès notable sur ceux antérieurement employés.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Image en un point et image dans un plan des réseaux et congruences d'un espace d'ordre six. Application aux congruences* W. Note de M. C. GUICHARD.

Je désigne par $x_1, x_2, \ldots, x_6$ les coordonnées d'une droite, ces coordonnées étant liées par la relation

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_6^2 = 0.$$

Les coordonnées vectorielles de la même droite, $X_1, X_2, X_3, L_1, L_2, L_3$ sont

$$X_1 = x_1 + ix_2, \qquad X_2 = x_3 + ix_4, \qquad X_3 = x_5 + ix_6,$$
$$L_1 = x_1 - ix_2, \qquad L_2 = x_3 - ix_4, \qquad L_3 = x_5 - ix_6.$$

Cela posé, je prends une congruence G située dans un espace d'ordre six;

les paramètres $a_1, a_2, \ldots, a_6$ de la droite G sont des fonctions de u et v qui vérifient l'équation

$$\frac{\partial^2 a}{\partial u\, \partial v} = P\frac{\partial a}{\partial u} + Q\frac{\partial a}{\partial v} + Ra. \tag{1}$$

L'équation

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_6 x_6 = 0 \tag{2}$$

définit une famille de complexes linéaires dépendant de deux paramètres. Cette famille ne change pas si l'on remplace la congruence G par une congruence parallèle. Soient maintenant S un point fixe, Π le plan polaire de S par rapport au complexe; ce plan Π dépend de deux paramètres u et v; si u varie seul, le plan Π enveloppe un cône qu'il touche suivant une droite $S\alpha$; soit de même $S\beta$ la caractéristique de Π quand v varie seul. Si M est un point quelconque de $S\alpha$, le point M, quand u varie seul, décrit une courbe tangente au plan Π; on a des propriétés analogues pour $S\beta$. Il en résulte que les deux droites $S\alpha$ et $S\beta$ définissent ce que j'ai appelé un *réseau-point;* $S\beta$ est la première tangente du réseau; $S\alpha$ la seconde.

Ce réseau-point est l'image en S *de la congruence* G. L'équation (2) s'écrit en coordonnées vectorielles

$$(a_1 - i a_2) X_1 + (a_1 + i a_2) L_1 + \ldots = 0.$$

Si le point S est l'origine des coordonnées, la normale au plan Π a pour paramètres

$$a_1 - i a_2, \quad a_3 - i a_4, \quad a_5 - i a_6.$$

On en déduit le résultat suivant :

Tout réseau-point S *est l'image d'une infinité de congruences* G; *pour toutes ces congruences l'équation* (1) *reste la même.*

Soient maintenant P un plan fixe, M le pôle de P; quand u et v varient le point M décrit un réseau-plan. *Ce réseau-plan est l'image de la congruence* G *dans le plan* P. Si le plan P est le plan x_1, x_2, les coordonnées homogènes de M sont

$$-(a_3 - i a_4), \quad a_1 - i a_2, \quad a_5 + i a_6;$$

donc, *tout réseau-plan est l'image d'une infinité de congruences* G *pour lesquelles l'équation de Laplace est la même.*

Soient maintenant R un réseau, d'un espace d'ordre six; $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_6$; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_6$ les paramètres normaux des tangentes à ce réseau. Je consi-

dère les deux équations

$$(3) \qquad \begin{cases} \xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \ldots + \xi_6 x_6 = 0, \\ \eta_1 x_1 + \eta_2 x_2 + \ldots + \eta_6 x_6 = 0. \end{cases}$$

Ces équations représentent une congruence linéaire dépendant de deux paramètres u et v, congruence qui ne change pas quand on remplace le réseau R par un réseau parallèle.

Si S est un point fixe, la droite Δ de la congruence qui passe par S décrit une *congruence-point*; cette congruence-point est *l'image en* S *du réseau* R.

Si P est un plan fixe, D la droite de la congruence située dans ce plan, la droite D engendre une congruence plane qui est *l'image du réseau* R *dans le plan* P.

La congruence (3) admet, en général, deux directrices δ et δ'; ces droites δ et δ' décrivent des congruences, non rapportées à leurs développables; ces droites correspondent aux tangentes isotropes du réseau R. Les droites Δ et D rencontrent δ et δ'.

Si le réseau R est le premier réseau focal de G, la droite Δ coïncide avec $S\beta$, c'est-à-dire avec la première tangente du réseau S; la droite D coïncide avec la seconde tangente du réseau M. On voit qu'à une transformation de Laplace dans l'espace d'ordre six, correspond une transformation *de même sens pour l'image en* S et de *sens contraire pour l'image dans le plan* P.

Si la congruence G et le réseau R sont harmoniques, le complexe (2) fait partie du faisceau défini par la congruence (3); il en résulte que la droite Δ est située dans le plan $S\alpha\beta$. On voit facilement que la congruence-point Δ et le réseau-point $S\alpha\beta$ sont harmoniques; donc :

A un réseau et une congruence harmonique dans un espace d'ordre six correspondent dans l'image S *une congruence-point et un réseau-point harmoniques.*

De même :

A un réseau et une congruence harmonique dans un espace d'ordre six correspondent dans l'image P *une congruence plane et un réseau-plan conjugués.*

En prenant les propriétés focales on en déduit :

A un réseau et une congruence conjugués correspondent dans l'image S *une congruence-point et un réseau-point conjugué; dans l'image* P *une congruence plane et un réseau-plan harmoniques.*

Si le réseau R est un réseau N, les deux complexes (3) sont spéciaux; les axes de ces complexes sont les tangentes asymptotiques d'une surface A;

la congruence (3) est formée de l'ensemble des droites passant par A ou situées dans le plan tangent en A.

Il en résulte que la droite Δ est la droite SA; la congruence-point Δ est une congruence de Ribaucour [théorème de M. Kœnigs]. Réciproquement, si Δ est une congruence de Ribaucour, il y correspond une infinité de surfaces A qui se déduisent de l'une d'entre elles par une homologie de centre S.

La droite D est la trace du plan tangent en A sur le plan P; j'ai déjà montré que cette droite décrit une congruence plane orthogonale à une congruence de Ribaucour.

Si la congruence G est une congruence I, le complexe (1) est spécial; sa directrice H décrit une congruence W dont les surfaces focales A et A' sont rapportées à leurs asymptotiques; et réciproquement à toute congruence W rapportée aux asymptotiques de ses focales correspond une congruence I. Si v varie seul, la droite H décrit une surface réglée; il existe sur H un point E tel que le plan tangent à cette surface passe par S; il y a un autre point F qui possède la même propriété quand u varie seul. Le réseau-point S a pour tangentes SE et SF.

Une congruence I est harmonique à deux réseaux N; ces réseaux N correspondent aux focales A et A' de la congruence W déduite de I. Le réseau point S est donc harmonique à une congruence de Ribaucour.

Je désigne par Ω un réseau qui, dans un espace d'ordre quelconque, est harmonique à une congruence de Ribaucour. Il est facile de caractériser ces réseaux, soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$ les paramètres normaux du réseau Ω; on a

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial v} = n\eta_i, \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial u} = m\xi_i.$$

Les paramètres directeurs d'une congruence harmonique sont

$$X_i = r\xi_i - q\eta_i,$$

q et r satisfaisant aux équations

$$(4) \qquad \frac{\partial q}{\partial v} = nr, \qquad \frac{\partial r}{\partial u} = mq.$$

L'équation à laquelle satisfont les X est

$$\frac{\partial^2 X}{\partial u \partial v} = \frac{1}{r}\frac{\partial r}{\partial v}\frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{q}\frac{\partial q}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + RX,$$

R étant une expression qu'il est inutile de calculer. Pour que cette équation

soit à invariants égaux il faut que

$$\frac{\partial^2 lr}{\partial u \partial v} = \frac{\partial^2 \log q}{\partial u \partial v}.$$

Par un choix convenable des variables u et v on peut supposer

$$q = e^{i\varphi}, \qquad r = ie^{i\varphi};$$

par suite,

$$n = \frac{\partial \varphi}{\partial v}, \qquad m = -\frac{\partial \varphi}{\partial u}.$$

Les rotations du réseau Ω sont les mêmes que celles d'un réseau O plan. Donc, l'équation de Laplace d'un réseau Ω est la même que celle d'un réseau O plan.

Si l'on prend l'image de la congruence I sur un plan P, on voit que le point M est la trace de la droite H sur P; le réseau M est conjugué à une congruence orthogonale à une congruence de Ribaucour; par conséquent le réseau orthogonal à M est Ω.

On a donc les résultats suivants :

L'image en un point S *d'une congruence* I *est un réseau-point* Ω; *l'image dans un plan* P *de cette congruence est un réseau-plan orthogonal à un réseau* Ω.

ÉLECTIONS

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Van der Waals* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

M. Serge Winogradsky obtient	. . . . .	50 suffrages
M. Kamerlingh Onnes	»	3 »
M. Torres Quevedo	»	3 »

M. **Serge Winogradsky**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cinquantenaire du décès de* CLAUDE GAY, 16 décembre 1923 (transmis par la Société d'études scientifiques et archéologiques de Draguignan).

2° TH. MOREUX. *Construisez donc vous-même votre poste de téléphonie sans fil.*

3° FRANÇOIS BOUNY. *Leçons de Mécanique rationnelle.* Tome premier : *Calcul vectoriel. — Cinématique. — Statique. — Potentiel.* (Présenté par M. P. Appell.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres complexes à n^2 unités relatives.* Note de M. **HERBERT ORY.**

Le but essentiel de toute théorie des nombres est l'étude des relations entre *nombres entiers*. Si l'on veut ériger l'arithnomie d'un corps de nombres donné, il faut donc, tout d'abord, en séparer les éléments en *entiers* et *non entiers*. Différents essais ont été faits à ce sujet. Dans son arithnomie des quaternions, Lipschitz [1] appelle *entier* le quaternion $a_0 + a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$ dans lequel les coordonnées a_0, a_1, a_2, a_3 sont des nombres entiers ordinaires. Cette définition, toute naturelle qu'elle paraisse, conduit à de curieuses exceptions aux règles de l'arithmétique classique. Hurwitz [2] a montré que pour les faire disparaître, il suffit de donner une autre définition de l'entier. Il appelle *quaternion entier* un quaternion de la forme

$$g = m_0 \rho + m_1 e_1 + m_2 e_2 + m_3 e_3,$$

où les m sont des nombres entiers et où $\rho = \frac{1}{2}(1 + e_1 + e_2 + e_3)$. Cette définition lui permet d'étendre aux quaternions les théories fondamentales de l'arithmétique.

D'autres auteurs [3] ont démontré que dans certains systèmes de nombres complexes, il est possible de définir l'*entier* de telle façon que l'arithnomie qui en découle soit semblable à l'arithmétique classique. Pour donner une définition appropriée de l'entier, on peut procéder par analogie avec la

---

(1) R. LIPSCHITZ, *Untersuchungen über die Summen von Quadraten*, Bonn, 1886; trad. par J. MOLK, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1886, p. 373-439.

(2) R. HURWITZ, *Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen*, Berlin, 1919.

(3) Voir, en particulier, L.-G. DU PASQUIER, *Sur les nombres complexes de deuxième et de troisième espèce* (*Nouvelles Annales de Mathématiques*, t. 18, p. 448-461).

théorie des nombres ordinaires. Les complexes entiers doivent répondre aux propriétés caractéristiques suivantes (¹) :

1° Ils doivent former un domaine d'intégrité $\{\mathcal{H}\}$, c'est-à-dire se reproduire par addition, soustraction et multiplication;

2° Ce domaine doit posséder une base finie $[t_1, t_2, \ldots, t_n]$. Autrement dit, tous les complexes t du domaine, et uniquement ceux-là, sont contenus dans l'expression

$$t = m_1 t_1 + m_2 t_2 + \ldots + m_n t_n,$$

quand on fait parcourir aux m_i, indépendamment les uns des autres, tous les nombres entiers de $-\infty$ à $+\infty$;

3° Le domaine d'intégrité $\{\mathcal{H}\}$ doit être maximal, c'est-à-dire qu'il ne doit exister dans le corps de nombres envisagé aucun autre domaine d'intégrité contenant tous les éléments de $\{\mathcal{H}\}$ et en plus encore d'autres éléments.

A l'aide de ces considérations, j'ai étudié une classe très étendue de nombres complexes, les nombres à ν^2 unités relatives, appelés par M. Cartan m^2-ions, et par M. Du Pasquier (²) tettarions (duotettarions, tritettarions, ..., ν-tettarions, suivant que $\nu = 2, 3, \ldots, \nu$).

J'ai réussi à démontrer qu'un corps de ν-tettarions rationnels (un tettarion rationnel est celui dont toutes les coordonnées sont des nombres rationnels) peut être séparé d'une infinité de façons différentes en « entiers » et « non entiers » de façon à en rendre l'arithnomie semblable à l'arithmétique classique.

Ce fait est important puisque tous les systèmes simples de nombres complexes se ramènent à des systèmes de ν-tettarions.

Deux études (³), dans lesquelles la propriété que je viens d'énoncer a été démontrée pour les corps des duotettarions et des tritettarions rationnels, ont servi de base à mes recherches. J'ai quelque peu modifié les méthodes compliquées qui y sont usitées, afin de pouvoir donner la démonstration générale du théorème fondamental suivant :

Tout domaine d'intégrité de ν-tettarions rationnels peut, à l'aide d'une per-

(¹) Voir l'ouvrage déjà cité de A. HURWITZ et aussi L.-G. DU PASQUIER, *Sur l'arithmétique des nombres hypercomplexes* (*L'Enseignement mathématique*, t. 18, 1916, p. 201-259).

(²) M. Du Pasquier n'envisage que des complexes à coordonnées réelles.

(³) L.-G. DU PASQUIER, *Ueber holoide Systeme von Düotettarionen*, Zürich 1909. — HERBERT ORY, *Sur les systèmes holoïdes de Tritettarions*, Thèse, Neufchâtel, 1924.

mutation convenablement choisie, être transformé en un autre domaine d'intégrité dont les ν-tettarions sont tous à coordonnées entières.

De ce théorème on déduit facilement et par les mêmes procédés que ceux utilisés dans les deux travaux précipités, les propriétés suivantes :

1° Tout domaine d'intégrité déduit d'un domaine maximal de ν-tettarions rationnels par une permutation est lui-même maximal.

2° Le domaine $[g]$ composé de tous les ν-tettarions à coordonnées entières est maximal.

3° Il existe une infinité de domaines d'intégrité maximaux. Chacun d'eux est une permutation du domaine $[g]$ constitué par tous les ν-tettarions à coordonnées entières.

Un domaine maximal constitue un système de nombres entiers. Ses éléments satisfont aux conditions énumérées plus haut qui caractérisent les nombres entiers. Ce sont eux qu'on appelle des *ν-tettarions entiers*.

Or il arrive que certains ν-tettarions appartiennent à la fois à un domaine maximal $\{M\}$ et à un domaine non maximal $\{K\}$. On ne pourra les appeler entiers que par rapport aux domaines maximaux auxquels ils appartiennent. Je donne donc la définition suivante du ν-tettarion entier :

Définition. — Un ν-tettarion est dit *entier par rapport au domaine* $\{M\}$ s'il appartient à ce domaine et que celui-ci soit en même temps maximal.

Avec cette définition on peut transporter dans le corps des ν-tettarions rationnels la théorie du plus grand commun diviseur, celle des nombres premiers, celle des congruences et autres théories fondamentales de l'arithmétique.

ALGÈBRE. — *Théorème sur les équations.* Note de M. A. PELLET.

Soit l'équation

$$f(x) = a_0 + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_i x^{n_i} + \ldots + a_m x^{n_m} = 0,$$

où $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots, n_m$ sont des entiers positifs allant en croissant. Posons

$$\varphi(y) = a_0 + a_1 x_0^{n_1 - 1} y + \ldots + a_i x_0^{n_i - i} y^i + \ldots + a_m x_0^{n_m - m} y^m,$$

et prenons pour x_0 la racine ou l'une des racines de plus petit module de $f(x) = 0$. La racine de plus petit module de $\varphi(y) = 0$ est x_0. En effet formons le quotient $\dfrac{\varphi(y)}{y - x_0}$; il vient, en tenant compte de l'équa-

tion $f(x_0) = 0$,

$$-\frac{a_0}{x_0} + \dots + a_m x_0^{n_m - m} y^{m-1},$$

les termes non écrits contenant y à une puissance inférieure à $m-1$. Le module de $\frac{a_0}{a_m}$ est $\geq |x_0|^{n_m}$, l'égalité n'ayant lieu que si toutes les racines de $f(x) = 0$ ont même module. On en déduit que le produit des racines de $\frac{\varphi(y)}{y - x_0}$ a un module supérieur ou égal à $|x_0|^{m-1}$ et par suite les modules des racines de cette dernière équation sont supérieurs ou égaux à $|x_0|$. Désignant par r le module de x_0, on a

$$\frac{m(m-1)\dots(m-i+1)}{1.2\dots i}\left|\frac{a_i}{a_0}\right| \geq r^{n_i}.$$

De même R étant le module de la racine de plus grand module de l'équation $f(x) = 0$, on a

$$R^{n_m - n_i} \geq \frac{1.2\dots i}{m(m-1)\dots(m-i+1)}\left|\frac{a_m}{a_i}\right|.$$

De ce théorème on déduit facilement les propositions de M. Montel sur le module de la plus petite racine d'une équation ([1]).

GÉOMÉTRIE. — *Sur le déplacement parallèle le plus général et sur les formules de Frenet.* Note ([2]) de M. G. Juvet.

M. J. A. Schouten ([3]) a obtenu, dans un Mémoire sur le déplacement parallèle le plus général, les formules suivantes, pour la dérivée covariante $\xi^\lambda/_\mu$ la plus générale d'un champ vectoriel contravariant ξ^λ, plongé dans une variété V_n quelconque

$$\xi^\lambda/_\mu = \frac{\partial \xi^\lambda}{\partial x^\mu} + \Gamma^\lambda_{\nu\mu}\xi^\nu,$$

avec

$$\Gamma^\lambda_{\nu\mu} = \left\{ \begin{matrix} \nu\mu \\ \lambda \end{matrix} \right\} + T_{\nu\mu}^{\cdot\cdot\lambda},$$

$T_{\nu\mu}^{\cdot\cdot\nu}$ étant un tenseur qui s'exprime en fonction de deux champs donnés arbitrairement, dont l'un $Q_\mu^{\cdot\cdot\alpha\beta}$ est la dérivée covariante du tenseur métrique

([1]) *Annales de l'École Normale supérieure*, t. 40, 1923, p. 1.

([2]) Séance du 31 mars 1924.

([3]) *Math. Zeitschr.*, t. 13, 1922.

contravariant

$$Q_{\mu}^{\cdot\alpha\beta} = g^{\alpha\beta}/_{\mu}.$$

En écrivant que $\sum_{\mu} \xi^{\lambda}/_{\mu} \frac{dx^{\mu}}{ds} = 0$ le long d'une courbe $\Gamma[x_i = x_i(s)]$, on définit le déplacement parallèle le plus général du vecteur ξ^{λ} le long de Γ.

En reprenant une méthode due à M. Blaschke, et que nous avons déjà appliquée au déplacement parallèle selon M. Weyl (¹), on peut donner du déplacement parallèle ainsi généralisé une idée plus géométrique.

Remarquons que si l'on pose

$$\delta\xi^{\nu} = \theta\xi^{\nu}\, ds = \sum_{p} \xi^{\nu}/_{\mu}\, dx^{\mu},$$

$\Xi(\xi^{\nu})$ étant un champ quelconque dans la multiplicité considérée, $\delta\xi^{\nu}$ est la composante (ν) du petit vecteur qu'il faut ajouter à $\Xi(\xi^{\nu})$ déplacé parallèlement à lui-même de $P(x_i)$ en $P'(x_i + dx_i)$ pour obtenir le vecteur défini en P', par le champ donné.

Soit alors une courbe Γ, et considérons les n vecteurs :

$$\begin{array}{llll}
\Xi_{(1)} & \text{de composantes :} & \xi^{\nu}_{(1)} = \dfrac{dx^{\nu}}{ds}, & \\
\Xi_{(2)} & \quad\text{»} \quad\quad\text{»} & : \xi^{\nu}_{(2)} = \theta\xi^{\nu}_{(1)} & = \dfrac{d\xi^{\nu}_{(1)}}{ds} + \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}\xi^{\lambda}_{(1)}\dfrac{dx^{\mu}}{ds}, \\
\dots\dots & & & \\
\Xi_{(n)} & \quad\text{»} \quad\quad\text{»} & : \xi^{\nu}_{(n)} = \theta\xi^{\nu}_{(n-1)} & = \dfrac{d\xi^{\nu}_{(n-1)}}{ds} + \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}\xi^{\lambda}_{(n-1)}\dfrac{dx^{\mu}}{ds}.
\end{array}$$

Orthogonalisons et normalisons ce système de n vecteurs, nous formerons, en chaque point de Γ, un n-èdre rectangulaire $\mathfrak{N}$, dont les arêtes sont $H_{(1)}, \dots, H_{(n)}$ avec (²) :

$$H_{(p)} = \frac{1}{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p)}}} \begin{vmatrix} (1,\ 1)\dots(1,\ p-1), & \Xi_{(1)} \\ \dots\dots\dots\dots & \dots, \\ (p,\ 1)\dots(p,\ p-1), & \Xi_{(p)} \end{vmatrix}.$$

Ce n-èdre est dit le n-èdre principal attaché en chaque point de Γ, selon le déplacement parallèle considéré.

Les formules de Frenet sont celles qui donnent les expressions des $\theta\eta^{\nu}_{(p)}$

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1647.

(²) Les notations $D_{(p)}$ et (r, s) ont la même signification formelle que dans la Note citée.

en fonction des $\eta^{\nu}_{(1)}, \eta^{\nu}_{(2)}, \ldots, \eta^{\nu}_{(n)}$:

$$\delta\eta^{\nu}_{(p)} = \sum_{q=1}^{q=n} \alpha_{(pq)}\eta^{\nu}_{(q)}.$$

Nous avons trouvé, dans un Mémoire qui sera publié dans un autre périodique :

$$\alpha_{(pq)} = Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p)}\eta^{\mu}_{(q)} \qquad (\text{si } p-q \geqq 2),$$

$$\alpha_{(p,p+1)} = \frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}},$$

$$\alpha_{(p+1,p)} = Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p+1)}\eta^{\mu}_{(p)} - \frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}},$$

$$\alpha_{(pp)} = \frac{1}{2}Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p)}\eta^{\mu}_{(q)},$$

$$\alpha_{(pq)} = 0 \qquad (\text{si } q-p \geqq 2).$$

En calculant $\delta\eta'_{(p)}$, on obtient la représentation géométrique suivante :

Le n-èdre principal $\mathfrak{N}$ en P est déplacé parallèlement à lui-même de P en P′, il devient le n-èdre $\overline{\mathfrak{N}}$; pour obtenir le n-èdre principal $\mathfrak{N}'$ attaché en P′, on fait subir à $\overline{\mathfrak{N}}(\overline{H}_{(1)}, \ldots, \overline{H}_{(n)})$ les trois transformations suivantes :

1° Une transformation qui orthogonalise $\overline{\mathfrak{N}}$ sans altérer les longueurs des vecteurs de base; on fait tourner $\overline{H}_{(1)}$ d'un petit angle dans le plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}$, puis $\overline{H}_{(3)}$ dans le 3-plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}\overline{H}_{(3)}$, etc., jusqu'à $\overline{H}_{(n)}$, qu'on amène à être perpendiculaire au $(n-1)$-plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}\ldots\overline{H}_{(n-1)}$. On obtient ainsi le n-èdre $\overline{\overline{\mathfrak{N}}}$.

2° Une transformation qui conserve l'orthogonalité des vecteurs de base de $\overline{\overline{\mathfrak{N}}}$, mais qui modifie leurs longueurs dans les rapports $1+\alpha_{(pp)}\,ds$.

3° Une rotation du n-èdre ainsi obtenu qui l'amène alors à coïncider avec $\mathfrak{N}'$. Les composantes de cette rotation infiniment petite, rapportées au n-èdre lui-même, sont :

$$\Delta v_{(pq)} = 0 \qquad \text{si} \quad |p-q| > 1 \quad \text{et si} \quad p = q,$$

$$\Delta v_{(p,p+1)} = -\Delta v_{(p+1,p)} = -\frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}} = -\frac{1}{\rho_{(p)}}.$$

Les $\rho_{(p)}$ $(p = 1 \ldots n-1)$ sont les $(n-1)$ rayons de courbure de Γ, selon le déplacement parallèle considéré.

En particularisant les $Q_{\mu}{}^{\alpha\beta}$, on obtient les résultats de M. Blaschke relativement au déplacement parallèle de M. Levi-Cività, et les nôtres relativement au transport de M. Weyl.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les complexes linéaires d'espaces linéaires à k dimensions situés dans un espace linéaire à r dimensions.* Note de M. **Alfred Rosenblatt**.

La variété de Grassmann V_d à $d=(r-k)(k+1)$ dimensions, qui représente dans l'espace linéaire S_R à $R=\binom{r+1}{k+1}-1$ dimensions, les espaces linéaires S_k à k dimensions contenus dans l'espace linéaire S_r à r dimensions a été, dans ces dernières années, l'objet de remarquables travaux de MM. Severi, Segre et Comessatti. On peut, en se servant des méthodes suivies par ces auteurs, parvenir à quelques résultats remarquables dans le cas général de r et k quelconques, qui me semblent nouveaux.

Nous désignerons par $X_{i_0,i_1,\ldots,i_k}$; $i_0<i_1<\ldots<i_k$; $i_0, i_1, \ldots, i_k=0, 1, \ldots, r$ les coordonnées homogènes des points de l'espace S_R. Pour un point de la variété V_d de Grassmann ce sont, à un facteur constant près, les mineurs d'ordre $k+1$ de la matrice de $r+1$ colonnes et de $k+1$ lignes des coordonnées homogènes x_i^j, $j=0, 1, \ldots, k$; $i=0, 1, \ldots, r$ de $k+1$ points P^0, P^1, ..., P^k linéairement indépendants d'un espace S_k.

Envisageons, dans l'espace S_R, la quadrique

$$\Sigma X^2_{i_0,i_1,\ldots,i_k}=0. \tag{1}$$

D'après un théorème de M. Severi [1] tout complexe linéaire C d'espaces S_k peut être représenté dans le S_R par un hyperplan II

$$\Sigma A_{i_0,i_1,\ldots,i_k} X_{i_0,i_1,\ldots,i_k}=0, \tag{2}$$

polaire du point P de coordonnées $A_{i_0 i_1 \ldots i_k}$ par rapport à la quadrique (1). Le pôle P est situé sur la variété V_d de Grassmann dans le cas et seulement dans le cas où le complexe C est *spécial*, c'est-à-dire composé d'espaces S_k qui s'appuient sur un espace *directeur* $S_{\nu-k-1}$. Si cet espace est déterminé par $k+1$ hyperplans linéairement indépendants à coordonnées ξ_i^j, $i=0, 1, \ldots, r$; $j=0, 1, \ldots, k$, et si $\Xi_{i_0,i_1,\ldots,i_k}$ désigne le mineur analogue du mineur $X_{i_0,i_1,\ldots,i_k}$, alors on a

$$A_{i_0,i_1,\ldots,i_k}=\Xi_{i_0,i_1,\ldots,i_k}.$$

Envisageons alors un système algébrique K d'espaces S_k qui satisfait aux deux conditions suivantes :

---

(1) *Sulla varietà che rappresenta gli spazi subordinati di data dimensione immersi in uno spazio lineare* (*Annali di Matematica*, 3e série, t. 24, 1915).

1. Il est l'intersection complète de $l = R - h$ complexes linéaires indépendants.

2. Il contient tous les S_k d'un espace linéaire S_ρ à ρ dimensions.

Désignons par m le nombre

$$(3) \qquad m = \binom{\nu+1}{k+1} - \binom{\rho+1}{k+1} - (\nu-k)(k+1) - k + \rho + 1.$$

On a le théorème suivant :

Théorème 1. — *Si le nombre l satisfait à l'inégalité $l \geqq m$, alors parmi les ∞^{l-1} complexes il y a au moins ∞^{l-m} ($\infty^0 = 1$) complexes spéciaux.*

Il faut poser $\rho + k - 1$, au cas où l'on aurait $\rho < k$.

Envisageons maintenant $l \geqq m$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ assujettis à s'appuyer sur tous les S_k d'un espace S_ρ fixe, mais choisis du reste *généralement*. On a alors :

Théorème 2. — *Tous les espaces S_k qui s'appuient sur $l \geqq m$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ choisis de la manière indiquée s'appuient en conséquence sur ∞^{l-m} espaces directeurs analogues, si l'on a l'inégalité $l > m$, et sur $n - m$ autres espaces directeurs analogues, où l'on a*

$$(4) \qquad n = \frac{[(\nu-k)(k+1) - \rho + k - 1]!\,1!\,2!\ldots(k-1)!\,(\rho+1)!}{(\nu-k+1)!\ldots\nu!\,(\nu-\rho-1)!\,(\rho-k+1)!}$$

si l'on a $l = m$.

On devra encore poser $\rho = k - 1$, au cas où l'on aurait $\rho < k$.

On a par exemple pour $k = 2$, $\rho < k$:

$$n = \frac{[3(\nu-2)]!\,2!}{\nu!\,(\nu-1)!\,(\nu-2)}, \qquad m = \binom{\nu+1}{3} - 3(\nu-2),$$

donc pour $r = 5 : n = 42$, $m = 11$.

Remplaçons la condition 2 du numéro précédent par la condition suivante :

2 *a*. Le système k contient tous les S_k qui s'appuient sur un espace S_{ρ_1}.

On a le théorème suivant :

Théorème 1 *a*. — *Si le nombre l satisfait à l'inégalité $l \geqq m_1$,*

$$(5) \qquad m_1 = \binom{\nu-\rho_1}{k+1} - (\nu-\rho_1-k-1)(k+1).$$

alors parmi les ∞^{l-1} complexes il y a au moins ∞^{l-m_1} complexes spéciaux.

Il faut poser $\rho_1 = -1$, au cas où l'on aurait $\rho_1 > \nu - k - 1$.

Envisageons alors $l \geqq m_1$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ assujettis à s'appuyer

sur tous les S_k qui s'appuient à leur tour sur un espace S_{ρ_1}, mais choisis du reste *généralement*. On a le théorème suivant :

Théorème 2*a*. — *Tous les espaces S_k qui s'appuient sur $l \geqq m_1$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ choisis de la manière indiquée s'appuient en conséquence sur ∞^{l-m_1} espaces directeurs analogues, si l'on a l'inégalité $l > m_1$, et sur $n_1 - m_1$* autres *espaces analogues, où l'on a*

$$n_1 = \frac{[(\nu-k-\rho_1-1)(k+1)]!\,1!\ldots k!}{(\nu-\rho_1-k-1)!\ldots(\nu-\rho_1-1)!}, \tag{6}$$

si l'on a $l = m_1$.

Il faut encore poser $\rho_1 = -1$, au cas où l'on aurait $\rho_1 > \nu - k - 1$. Les espaces directeurs passent par l'espace S_{ρ_1}.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés arithmétiques des intégrales des équations du premier ordre.* Note [1] de M. **D. Mordouhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

En liaison intime avec le théorème célèbre d'Eisenstein [2] se trouvent les recherches nombreuses de Pincherle [3], Teixeira [4], Hurwitz [5], Kœnigsberger, Kock, Soubotine [6], etc., et aussi les nôtres [7]. Toutes ces recherches ne donnent pas la démonstration complète du théorème de Tschebycheff dont Hermite [8] fait mention dans son *Cours d'Analyse* autographié, mais pour les intégrales holomorphes

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots \qquad (a_j \text{ rationnel}) \tag{1}$$

d'une équation différentielle algébrique [et par suite pour les développements (1) exprimables en termes finis au moyen des transcendantes élémentaires et aussi des quadratures]; elles établissent les propriétés suivantes analogues à celle qui était énoncée par Tschebycheff :

---

(1) Séance du 10 mars 1924.

(2) *Monatsber. der Ak. d. Wiss.* Berlin, 1852). — Heine, *Kugelfunctionen* (*Crelle's Journal*, Bd 48).

(3) *Journal de Crelle*, t. **101**, p. 84.

(4) *Ann. de l'École Normale*, 3e série, t. **2**, 1885, p. 321.

(5) *Ibid.*, t. **6**, 1889, p. 327.

(6) *Ann. de l'Institut Polyt. du Don*, t. **7**, 1919, n° **2**.

(7) *Mathem. Sbornik*, t. **26**, n° **2**; t. **27**, n° **3**.

(8) Hermite, *Cours d'Analyse*. — Hadamard, *La série de Taylor et son prolongement analytique*.

1° $P(k)$: quand n augmente, $\frac{p_n}{n^k}$ reste moindre qu'une quantité finie $\left(k\right.$ étant un nombre entier, p_n le plus grand facteur premier entrant dans le dénominateur de la fraction réduite $\left.a_n = \frac{c_n}{\lambda_n}\right)$.

Chez Tschebycheff, on a $P(1)$.

2° $M(\sigma)$: $\frac{\lambda_n(p)}{\sigma^n}$, $\lambda_n(p)$ étant l'exposant d'un facteur premier quelconque, reste fini.

3° $L_n(1)$: $\frac{\lambda_n(p_n)}{n}$ est fini.

Nous dirons pour abréger que y est $P[k]$, $M[\sigma]$, $L_n[1]$, si son développement possède tout ou partie des propriétés précédentes.

Il faut remarquer que toutes ces propriétés subsistent encore, quand les coefficients de f sont, non des polynomes, mais des quantités *algébroïdes* satisfaisant aux conditions $P(k')$, $M(\sigma')$, $L_n(1)$ et aussi aux conditions que $P(k')$, $L(e')$: $\frac{\lambda_n(p)}{n^{e'}}$ soient finis.

Il est remarquable que la classe particulière des équations du premier ordre discutée par M. Painlevé (avec un nombre fini de valeurs autour des points critiques mobiles) possède les propriétés $P(1)$ et $L(1)$.

En vertu du résultat que j'ai obtenu, qui ramène chaque équation différentielle du premier ordre intégrable en termes finis [1] à l'équation de la classe de Painlevé, on peut ajouter que $P(1)$ et $L(1)$ sont des conditions nécessaires pour l'intégration en termes finis [2].

Pour la démonstration de notre proposition, il faut avoir en vue le résultat bien connu de M. Painlevé [3] : y doit représenter :

1° Ou une fonction algébrique de x;

2° Ou une fonction algébrique de x et de la variable η, définie par

$$(2) \qquad \frac{d\eta}{\sqrt{(1-\eta^2)(1-k^2\eta^2)}} = g(x)\,dx,$$

k étant constante et $g(x)$ une fonction algébrique de x;

3° Ou une fonction algébrique de x et de η, cette dernière définie par une

(1) Ou pour mieux dire : résoluble; y s'exprime en termes finis par des transcendantes élémentaires et des quadratures.

(2) *Bulletin de la Société math. de Charkow*, 2e série, t. 10, 1909, p. 100.

(3) Painlevé, *Leçons sur la théorie analytique des équations différentielles*, professées à Stockholm, Paris, 1897.

équation de Riccati à coefficients algébroïdes

$$\alpha(x)(\eta' + \eta^2) + \beta(x)\eta + \gamma(x) = 0. \quad (3)$$

Dans le premier cas nous avons immédiatement la propriété d'Eisenstein P(o), L(1) et, par suite, P(1).

Pour étudier les cas 2° et 3°, soit

$$y = \omega(\eta, x) = a_0 + a_1 x + \ldots.$$

En tenant compte des résultats obtenus par Kœnigsberger [1], on voit que, pour que le développement (1) de y soit P(1) L(1), il suffit que le développement correspondant de η le soit. Il nous reste donc à discuter le développement algébroïde défini par l'inversion d'une intégrale elliptique ou par l'équation de Riccati (3).

Le premier se traite sans difficulté à l'aide de ce qu'on sait sur les séries entières qui développent les fonctions elliptiques.

La discussion du second cas est plus difficile. Il faut s'adresser au Mémoire cité de Hurwitz. La propriété P(1) pour le cas le plus simple, celui où $\left[\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right] \gtrless 0$, est démontré pour l'équation d'ordre quelconque et, en particulier aussi, pour l'équation de Riccati (3).

Mais, pour $\left[\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right]_0 = 0$, nous avons P($k$), où $k > 1$ en général.

On a à démontrer qu'on peut supposer, dans (3), $\alpha \gtrless 0$. Pour cela :

1° Le cas de $\eta(0) = \infty$ peut être écarté moyennant une transformation homographique effectuée sur η;

2° On réduit s'il y a lieu $\alpha(x)$, $\beta(x)$, $\gamma(x)$ à la forme holomorphe par un changement convenable sur x;

3° On démontre que, par la division de l'équation par x^k, on obtient une équation de Riccati où $\alpha(0) \gtrless 0$ (ce point est le plus délicat).

Le point de départ est une formule de Hurwitz à laquelle il faut encore ajouter une addition importante de Kakeya [2] au moyen de laquelle se définit r. Si le premier terme différent de zéro dans la série

$$\left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right)_x^{(q)}\right]_0, \quad \left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(n-1)}}\right)_x^{(q-1)}\right]_0, \quad \ldots, \quad f_{y_0}^{(n-g)} \quad (g = 0, 1, 2, 3, \ldots)$$

est

$$\left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(s)}}\right)_x^{(k)}\right] \cdots \quad (r = k),$$

(1) *Crelle's Journal*, Bd 130.

(2) *The Science reports of the Tohoku University*, vol. 4, n° 1, 1915.

on ne peut avoir, pour l'équation de Riccati (3), $n \geqq 2$, qu'à condition que

$$\alpha(0) = 0, \qquad \alpha'(0) = 0, \qquad 2\alpha(0)y_0 + \beta(0) = 0,$$

d'où $\beta(0) = 0$ et encore, en vertu de l'équation (3), $\gamma(0) = 0$.

En divisant par x^k, on obtient une équation (3) avec, pour $\alpha(x)$, un zéro d'ordre inférieur et l'on parvient à la fin à $\alpha(0) \gtrless 0$.

La propriété L(1) appartient à η parce que, en posant $e^{\int \eta\, dx} = \xi$, on ramène l'équation (3) à une équation linéaire à intégrale holomorphe, qui est, selon les recherches de Pincherle et les miennes, L[1], quand $\alpha(0) \gtrless 0$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les diviseurs maximums de certains groupes galoisiens à invariant bilinéaire ou quadratique.* Note de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Appell.

Une des premières questions qui se pose lorsqu'on cherche à déterminer les diviseurs d'un groupe est celle de ses diviseurs maximums. Lorsque le groupe considéré A est formé de substitutions linéaires qui conservent une forme a quadratique, gauche ou hermitienne à $n \geqq 3$ variables, somme de deux formes a_1 et a_2 de même sorte ayant respectivement n_1 et n_2 variables, il est clair que A contient le produit direct du groupe A_1 de a_1 et du groupe A_2 de a_2. Si a_1 et a_2 sont équivalentes, et si $x_{i1}, \ldots, x_{in_1}$ sont les variables de a_i, on peut supposer que a_2 se déduit de a_1 en remplaçant x_{1k} par x_{2k} (pour $k = 1, \ldots, n_1$). Soit γ la substitution qui échange x_{1k} et x_{2k} (pour $k = 1, \ldots, n_1$). Désignons par Y le groupe A_1A_2 dans le cas général, et le groupe $\{A_1A_2, \gamma\}$ dans ce cas particulier. J'ai été amené à me demander si Y ou quelque groupe apparenté à Y était maximum dans A, et plus précisément si quelque diviseur normal d'indice 2 ou 4 d'un tel groupe était maximum dans un diviseur normal d'indice 2 ou 4 de A. C'est à cette question que répondent les théorèmes suivants lorsque A est galoisien. Je me servirai des mêmes notations et conventions que dans mon Mémoire *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916).

1. *Supposons d'abord a_1 et a_2 gauches. Alors Y est toujours maximum dans* A.

En particulier la représentation de G(4, 2) relative à Y pour $n_1 = n_2 = 2$ est le g_{720}^{10} $\{\varpi(2, 3^2)^3, z^3\}$ isomorphe au g_{720}^{6} symétrique.

2. *Supposons a_1 et a_2 hermitiennes*. Soient A^0 le groupe unimodulaire

de a, A_i^0 celui de a_i, et Y^0 le p. g. c. d. de Y, A^0. En désignant par μ_i une substitution de A_i d'ordre $\pi + 1$ mod A_i^0, et par μ le p. g. c. d. de $\{\mu_1, \mu_2\}$ et de A^0, $Y^0 = \{A_1^0 A_2^0, \mu\}$. Y^0 *est maximum dans* A^0 *sauf si* $n = 3$ *avec* $\pi = 2$ (alors A^0 est un g_{216} résoluble). Quand Y^0 est maximum dans A^0, Y l'est dans A.

3. *Supposons* a_1 *et* a_2 *quadratiques.* Si alors $p = 2$, n_1 et n_2 ne peuvent être tous deux impairs, car a ne dépendrait que de $n - 1$ variables. Soient A^0 le groupe unimodulaire de a, A_i^0 celui de a_i, B le groupe réduit de a, B_i celui de a_i (lorsque A_i^0 est $> B_i$, le p. g. c. d. de A_i^0, B est B_i).

Excluons d'abord deux cas : 1° celui où a_1 est équivalent à a_2; 2° celui où $p = 2$ avec $n = 2\nu + 1$, n_1 et n_2 étant > 1.

Soit alors Y^0 le p. g. c. d. de $Y = A_1 A_2$ et de A^0; Z celui de Y^0, B. On peut préciser comme il suit la structure de Y^0 et de Z. Soit ζ_i une substitution de A_i hors de A_i^0 si $A_i > A_i^0$, et la substitution 1 si $p = 2$, n_i étant impair; μ_i une substitution de A_i^0 hors de B_i si $A_i^0 > B_i$, et la substitution 1 si $p = 2$ ou si $n_i = 1$. On peut supposer que $\zeta_1 \zeta_2$ est dans B. *Pour* $p > 2$, $Y_0 = \{A_1^0 A_2^0, \zeta_1 \zeta_2\}$, et Z est égal, si n_1 et n_2 sont > 1, à $\{B_1 B_2, \mu_1 \mu_2, \zeta_1 \zeta_2\}$, si $n_i = 1$ à $\{B_k, \zeta_1 \zeta_2\}$ $(k \neq i)$. *Pour* $p = 2$, *si* n *est pair*, $Y^0 = \{A_1^0 A_2^0, \zeta_1 \zeta_2\}$ et $Z = Y^0$; *si* n *est impair*, $Y = Y^0 = Z$.

Si a_1 *est équivalent à* a_2, soient r, s des entiers égaux à 0 ou à 1 tels que $\gamma\zeta_i^r = \gamma^0$ soit dans A^0 et $\gamma\zeta_i^r \mu_k^s = \delta$ dans B (i étant tel que A_i^0 soit $< A_i$ pour $p \geqq 2$, et k tel que $B_k < A_k^0$ pour $p = 2$). Le p. g. c. d. de Y, A^0 est $Y'^0 = Y^0 + \gamma^0 Y^0$, et le p. g. c. d. de Y'^0, B est $Z' = Z + \delta Z$. Ce sont les groupes Y'^0, Z' que je désignerai désormais par Y^0, Z dans le cas actuel.

Si $p = 2$ *avec* $n = 2\nu + 1$, n_1 *et* n_2 *étant* > 1, supposons n_1 pair $= 2\nu_1$. Soient alors $a_2 = \Sigma_{\nu_1+1}^{\nu_1+\nu_2} x_i y_i + x^2$, $a_1 + x^2 = \Sigma_1^{\nu_1} x_i y_i + x^2 = a'_1$. Désignons par A'_1 le groupe de a'_1. Posons, si $\nu_1 \neq \nu_2$, $Y' = Z' = A'_1 A_2$, et si $\nu_1 = \nu_2$, en appelant T la substitution qui échange x_i et x_{ν_1+i}, y_i et y_{ν_1+i} pour $i = 1, \ldots, \nu_1$, $Y' = Z' = \{A'_1 A_2, T\}$. Ce sont les groupes Y', Z' que je désignerai désormais par Y, Z dans le cas actuel.

Ces définitions posées, voici le théorème auquel je suis arrivé :

Z est maximum dans B *sauf dans les quatre cas suivants :*

1° $n_i = 1$ *avec* $\pi = 3$, $n = 3$;

2° $n_i = 1$ *avec* $\pi = 3$, $n = 4$, *si a est de la première classe;*

3° $n_i = 2$ *avec* $n = 4$;

4° $n_i = 2$, a_i *étant réductible, si* $\pi = 2$ *ou* 3.

Quand Z est maximum dans B, Y^0 *l'est dans* A^0, *et* Y *dans* A.

RELATIVITÉ. — *Au sujet de l'interprétation de l'expérience de Michelson.* Note [1] de M. A. **Metz**, présentée par M. Brillouin.

M. Brylinski a récemment répondu à une note que j'avais adressée précédemment à l'Académie [2] par une Communication [2] qui se divise en deux parties tout à fait distinctes.

La première partie concerne l'étude mathématique de l'expérience de Michelson considérée, par hypothèse, comme ayant donné des résultats rigoureusement négatifs, et ceci avec une précision permettant d'apprécier un terme en $\frac{v^3}{c^3}$; remarquons en passant que ce terme (d'après les anciennes théories) devait être de l'ordre de $\frac{1}{10^{12}}$, alors qu'aucun dispositif n'a permis jusqu'ici d'atteindre cet ordre de grandeur, les plus précis allant seulement jusqu'à $\frac{1}{10^{10}}$ $\left(\text{le déplacement attendu aurait correspondu à } \frac{1}{10^8}\right)$.

En admettant (par hypothèse) qu'on dût pousser les calculs jusqu'aux termes en $\frac{v^3}{c^3}$, le premier calcul de M. Brylinski était incomplet, celui-ci ayant négligé d'appliquer la « contraction des longueurs » à la glace à 45° elle-même : le fait de tenir compte de cette contraction suffit pour rétablir en toute rigueur la valeur classique $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ donnée par Lorentz, comme je l'ai montré dans ma Note précédente [3].

Dans cette dernière Note, j'avais attribué l'erreur en question à un oubli de l'auteur; il paraît qu'il n'en est rien : c'est sciemment qu'il aurait supposé la glace restant à 45° « dans l'éther immobile » alors que tout le reste de l'appareil subit des déformations; il affirme en effet que, pour conserver les bases des explications usuelles, « on peut supposer que la glace soit fixée au plateau de telle façon que l'angle de 45° soit conservé » : mais cette *supposition* est tout à fait impossible à réaliser, le système de référence « immobile » par rapport auquel la glace devrait « conserver son angle » n'ayant jamais été trouvé par personne (c'est justement l'expérience de Michelson qui aurait dû le déterminer). Aucun interféro-

---

[1] Séance du 17 mars 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 314.

[3] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 466.

mètre, existant ou imaginable, ne peut remplir une semblable condition [1].

Les auteurs des théories habituelles de l'expérience de Michelson ont négligé cette correction d'angle parce qu'ils savaient que les dispositifs employés ne permettaient pas d'atteindre les termes au delà de $\frac{v^2}{c^2}$; M. Brylinski, qui a voulu faire un calcul plus précis, a rectifié leur manière de faire en maints endroits; il aurait donc dû, logiquement, faire aussi la rectification qui consiste à *appliquer la contraction à la glace*; il se serait aperçu alors que sa méthode ne changeait absolument rien au résultat donné par Lorentz; il aurait ainsi évité une discussion sur un terme en $\frac{v^3}{c^3}$ qui, répétons-le, est resté jusqu'ici en dehors des limites de l'expérience.

Dans la seconde partie de sa Note, M. Brylinski emploie, contre la théorie relativiste, un argument totalement opposé, en citant cette fois des résultats « positifs » obtenus en 1921 par Miller au moyen d'un interféromètre transporté au sommet du mont Wilson. Notons d'abord que ces résultats sont au maximum de $\frac{1}{10}$ de ceux attendus de par l'ancienne théorie, ce qui leur interdit la possibilité d'être interprétés par celle-ci. De plus, il y a une perturbation périodique supplémentaire en un tour complet de l'interféromètre, que M. Brylinski prétend « expliquer aisément » au moyen de son terme parasite en $\frac{v^3}{c^3}$: or, c'est impossible, ce dernier terme étant nettement en dehors des limites de l'expérience (en raison de sa petitesse), et étant d'ailleurs, dans le travail de M. Brylinski, le résultat d'un raisonnement et d'un calcul incomplets.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éclairement de la Lune éclipsée.* Note de M. A. Danjon, présentée par M. Cotton.

La loi d'éclairement des éclipses de Lune que j'ai énoncée en 1920 [2], a fait l'objet d'études critiques dont je voudrais signaler la faible portée, en attendant que les faits eux-mêmes décident.

M. W.-J. Fisher [3] a essayé de contrôler mes conclusions en reprenant

---

[1] D'ailleurs, en admettant, selon la théorie classique — aujourd'hui abandonnée — un « vent d'éther » de 30^{km} à la seconde, la correction d'angle qui en résulterait serait beaucoup trop délicate à réaliser, parce que trop petite.

[2] *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1127 et 1207.

[3] Williard J. Fisher, *The brightness of lunar eclipses*, 1860-1922 (*Smithsonian Misc. Coll.* **76**, n° 9, 1924; *Harvard Reprint*, n° 7).

entièrement l'étude des éclipses observées de 1860 à 1922. Pour caractériser l'éclat de la Lune éclipsée, il adopte comme critérium la visibilité des détails lunaires dans l'ombre. Ce caractère unique est tout à fait insuffisant, car il dépend trop étroitement des conditions de l'observation. J'ai donné une importance beaucoup plus grande à la coloration de l'ombre dont l'observation est plus sûre. La classification de M. Fisher, basée sur un caractère incertain, ne renferme que trois classes, et elle ne fait pas état de formes de transition particulièrement importantes. M. Fisher a cependant essayé de donner un caractère quantitatif à son critérium : il mesure le degré de visibilité des taches par l'ouverture minimum nécessaire pour les voir. Cette notion n'a aucun sens, si l'on n'ajoute pas le grossissement employé. Pendant l'éclipse du 20 février dernier, la mer des Crises était invisible à Strasbourg à l'équatorial de 486^{mm} de Strasbourg, mais on la voyait bien au chercheur de 40^{mm}, armé d'un très faible grossissement. Ainsi l'apparente rigueur du critérium de M. Fisher est illusoire, et ce point de départ vicie entièrement sa très consciencieuse étude.

M. Fisher croit devoir faire état d'un article de M. E.-W. Maunder [1] qui constituerait une réfutation décisive de mes conclusions. Un examen même rapide de cet article y révèle pourtant des erreurs. C'est ainsi, notamment, que M. Maunder utilise ma formule des minima solaires en oubliant un terme — ce qui le conduit, bien entendu, à la trouver en défaut. D'un autre côté, M. Maunder me prête des méthodes, que je n'ai pas suivies, et des erreurs de principe que je n'ai pas commises. Je n'ai jamais fait état des éclipses *partielles* lorsqu'elles étaient notées *sombres* par les observateurs. Mais je crois tout à fait légitime d'utiliser les éclipses partielles quand elles ont été, de l'aveu de tous, *extrêmement claires*, comme celle du 16 octobre 1921.

ACOUSTIQUE. — *Le secret de la construction du violon italien.* Note de M. Sigmund Stahl, présentée par M. Brillouin.

Le secret consiste dans la forme particulière de la surface courbe de la table et du fond.

Lorsque le violon vibre, la table peut être considérée comme divisée en quatre régions A, B, C, D, à partir du manche, par une ligne transversale

(1) E. Walter Maunder, *The Eclipsed Moon and the Solar Cycle* (*Journal of the British Astr. Ass.*, t. 31, 1921, p. 346).

qui passe sous le chevalet, et par deux lignes nodales, peu éloignées des extrémités.

Dans les violons italiens, les deux régions moyennes B, C sont des *surfaces réglées gauches*, aussi bien pour la table que pour le fond; ces surfaces ont même plan de symétrie que l'ensemble du violon. Les génératrices rectilignes s'appuient d'une part sur la courbe voûtée qui sépare la région B de C, d'autre part sur une droite directrice située dans le plan de symétrie perpendiculaire au plan général de la table, pour B près de l'attache du manche, pour C près du bouton au bas du violon.

Il suffit pour reconnaître cette forme d'explorer avec l'arête d'une règle de longueur convenable, la surface de la table d'un violon italien, Stradivarius, Magini, Garneri, etc. On trouve facilement les positions pour lesquelles la règle touche la surface sur toute sa longueur ([1]).

Sur les violons ordinaires, on ne trouve pas de telles positions; ils ne possèdent pas de génératrices rectilignes.

PHYSIQUE. — *Méthodes interférentielles permettant de déterminer la durée et la loi d'émission de la lumière par les atomes.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

D'après la théorie électromagnétique de Lorentz, la lumière émise par les électrons vibrant dans les atomes est constituée par des trains d'ondes périodiques amortis. L'amplitude des oscillations diminue au cours du temps suivant une loi exponentielle de la forme $a = a_0 \exp\left(-\frac{4\pi^2 e^2 \nu^2}{3mc}t\right)$, où ν représente la fréquence, m la masse de l'électron, e sa charge en U.E.M. et c la vitesse de la lumière.

Cette théorie a dû être abandonnée et remplacée par l'hypothèse des *quanta* qui nous donne une relation entre la fréquence et l'énergie totale d'un train d'ondes élémentaire, mais ne nous apprend rien sur le phénomène d'émission lui-même qui reste mystérieux.

En 1919, W. Wien ([2]) a cru atteindre ce dernier par la mesure de l'intensité lumineuse aux divers points d'un pinceau de rayons canaux dans un vide parfait. Cette intensité diminue à partir de la cathode suivant une loi à peu près exponentielle. W. Wien a déduit de ces expériences le décré-

---

([1]) Les figures seront publiées dans un autre Recueil.

([2]) W. Wien, *Ann. der Phys.*, t. 60, 1919, p. 597.

ment des oscillations lumineuses, dont la valeur est à peu près celle que prévoit la théorie classique.

On a fait remarquer depuis que ces expériences n'atteignent pas le phénomène élémentaire. Elles donnent seulement une limite supérieure de sa durée. En effet, il n'est pas prouvé que tous les atomes excités par la décharge électrique soient lumineux dès qu'ils quittent la cathode. Certains peuvent rester stables quelques instants, avant de retomber à leur niveau normal d'énergie en rayonnant de la lumière. Les mesures de W. Wien ne permettent pas de séparer l'influence de cette sorte de vitesse de réaction, du phénomène d'émission proprement dit.

Pour dissocier ces deux effets, une seule méthode paraît applicable : mesurer par une méthode interférentielle directe la longueur des trains d'onde cohérents émis par les atomes et l'affaiblissement de la lumière le long de ces trains. On se trouve ainsi amené à chercher des limites d'interférence, différences de marche maximum entre deux faisceaux interférents.

Dans un gaz, même à la température de l'air liquide, ces limites sont déterminées entièrement par l'effet Doppler dû à l'agitation thermique des molécules et par les perturbations dues aux chocs ([1]).

Ces effets sont proportionnels à la racine carrée de la température absolue. Il paraît difficile de les éliminer en refroidissant.

Mais il est possible de tourner la difficulté en s'adressant aux gaz à une dimension ([2]).

Soit, par exemple, du mercure bouillant dans un très bon vide. Le récipient où il se trouve communique avec un tube étroit dont les parois baignent dans l'air liquide. Celles-ci captent tous les atomes qui les frappent et ne laissent sortir du tube que ceux dont la vitesse est à peu près dirigée suivant son axe, plus précisément dont la composante de vitesse perpendiculaire à l'axe du tube est inférieure à une limite facile à calculer. Si l'on rend le gaz lumineux à la sortie du tube et si l'on observe normalement au jet gazeux, l'effet Doppler peut être réduit à volonté. Les chocs sont peu nombreux dans un gaz à une dimension, leur influence est négligeable.

La limite d'interférence et la visibilité des franges sont alors déterminées uniquement par le phénomène atomique.

([1]) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1224.

([2]) Dunoyer, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 593. — M. Dunoyer, à qui je parlais de ces expériences, m'a dit qu'il avait noté de son côté l'extrême pureté de la lumière émise par ces gaz.

On peut calculer dans les diverses hypothèses possibles (oscillations amorties ou à amplitude constante) comment varie la visibilité des franges lorsque la différence de marche augmente.

La comparaison avec l'expérience doit donner la loi du phénomène élémentaire d'émission.

Ces expériences sont en projet depuis 1920. Les appareils sont construits actuellement. Nous opérerons d'abord sur la raie ultraviolette du mercure excitée par résonance.

Il semblerait préférable de chercher un phénomène analogue dans le domaine des rayons X où les effets de quanta sont plus nets, et la longueur des trains d'ondes cohérents plus courte.

Une méthode possible serait la mesure du pouvoir réflecteur des cristaux en lames minces d'épaisseurs croissantes. Il est facile de voir qu'au début, l'intensité réfléchie croît proportionnellement au carré du nombre des plans réticulaires (de l'épaisseur), puis à partir d'une limite donnée par la longueur des trains d'ondes cohérents, proportionnellement à ce nombre.

Mais il faut alors que le cristal soit fixe, orienté au maximum de réflexion et de constitution parfaitement régulière. Cette dernière condition paraît très difficile à réaliser (Bragg). Une autre difficulté provient de la minceur extrême des lames cristallines à tailler. Une discussion théorique aussi complète que possible nous a convaincus qu'il fallait d'abord s'adresser à la lumière ordinaire.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les séries de triplets du spectre d'arc du mercure.* Note de M. **H. Buisson**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre d'arc du mercure est constitué par des séries de raies simples et des séries de triplets. Parmi celles-ci figurent la série des triplets diffus ou première série secondaire, et celle des triplets étroits ou deuxième série secondaire. Elles sont caractérisées par des différences constantes entre les fréquences des trois membres de chaque triplet.

Dans chacune de ces séries, la suite formée par les premières composantes des triplets est connue avec un assez grand nombre de termes, 19 pour la première et 15 pour la seconde, tandis que les suites des deuxièmes et troisièmes composantes ne sont connues qu'avec 4 ou

5 termes, de sorte que le nombre de triplets complets de chaque série est assez faible. J'ai pu récemment prolonger ces suites et plus que doubler l'ensemble des triplets complets.

La source de lumière était une lampe au mercure ordinaire, en quartz, alimentée avec le plus faible courant possible, environ 1,7 ampère. La largeur des raies et l'éclat du fond continu croissent en effet assez vite avec l'intensité du courant, et les dernières raies, très faibles, se perdent dans ce fond. Le spectroscope, à prismes de quartz, avait une dispersion de 4 A par millimètre dans la région 2400 et de 2,8 A dans la région 2200. Les longueurs d'onde ont été mesurées par interpolation en partant des valeurs données pour le cuivre par Mitra [1]; sauf pour les dernières raies, les erreurs ne doivent pas dépasser 0,01 ou 0,02 A.

Triplets diffus
(première série secondaire).

m.	λ.	ν.	Δν.
6.	2639,93	37868,8	4625,4
	2352,54 [1]	42494,2	1764,0
	2258,77 [1]	44258,2	
7.	2603,15	38403,8	4627,1
	2323,20 [1]	43030,9	1764,8
	2231,66*	44785,7	
8.	2578,44	38771,9	4626,5
	2303,52*	43398,4	1764,6
	2213,51*	45163,0	
9.	2561,18	39033,1	4627,2
	2289,70*	43660,3	1767,2
	2200,62*	45427,5	
10.	2548,55	39226,6	4628,9
	2279,51*	43855,5	1763,7
	2191,37*	45619,2	
11.	2539,00	39374,1	4632,2
	2271,70*	44006,3	1766,2
	2184,03*	45772,5	
12.	2531,69	39487,8	4632,8
	2265,81*	44120,6	1759,7
	2178,90*	45880,3	
13.	2525,84	39579,2	4637,1
	2260,91*	44216,3	1759,0
	2174,40*	45975,3	

Triplets étroits
(deuxième série secondaire).

m.	λ.	ν.	Δν.
5.	2674,99	37372,5	4631,1
	2380,02 [1]	42003,6	1767,4
	2283,91*	43771,0	
6.	2625,24	38080,7	4631,2
	2340,55 [1]	42711,9	1766,4
	2247,58*	44478,5	
7.	2593,41	38548,0	4631,1
	2315,22*	43179,1	1765,7
	2224,26*	44944,8	
8.	2571,75	38872,7	4630,6
	2297,97*	43503,3	1765,6
	2208,33*	45268,9	
9.	2556,30	39107,6	4631,4
	2285,58*	43739,0	1764,5
	2196,94*	45503,5	
10.	2544,87	39283,2	4629,5
	2276,54*	43912,7	1763,6
	2188,63*	45676,3	
11.	....		
	2269,76*	44043,9	
	....		
12.	2529,53	39521,5	4633,8
	2264,03*	44155,3	
	....		

[1] *Annales de Physique*, t. 19, 1923, p. 315.

Le tableau ci-dessus résume les mesures. Il indique le numéro d'ordre de chaque triplet, suivant la numération de Fowler, les longueurs d'onde en A. I., la fréquence ramenée au vide, et enfin les différences de fréquence entre les membres d'un même triplet. Les raies marquées d'un astérisque sont nouvelles; les longueurs d'onde des premières composantes sont celles données par Stiles [1] et par Dingle [2]. Il manque celle du onzième triplet étroit, masquée par la forte raie 2536,52. Quelques raies déjà connues, des deuxièmes et troisièmes composantes, marquées [1] ont été mesurées à nouveau. Aucune indication n'est donnée pour les intensités; il est en effet difficile de comparer de façon exacte des raies situées dans des régions différentes du spectre et qui ne sont pas obtenues dans des conditions identiques. Il suffit de dire que dans chaque série les intensités décroissent d'une manière régulière à mesure que s'élève le numéro d'ordre.

On constate sur ce tableau que la loi des différences constantes se vérifie avec régularité dans les deux séries, avec des valeurs sensiblement égales.

SPECTROSCOPIE. — *Une nouvelle bande des carbures d'hydrogène.* Note [3] de M. R. Fortrat, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre attribué aux carbures d'hydrogène se compose des quatre groupes de raies ε, ζ, η et θ. Les trois premiers plus intenses forment les deux bandes bien connues $\lambda = 4320$ et $\lambda = 3889$. On doit leur adjoindre une bande intense ultraviolette émise aussi par le cône bleu des flammes de carbures d'hydrogène. Nous la désignerons par la longueur d'onde $\lambda = 3143$ de son origine. Sa structure est la structure théorique à trois branches : la tête $R(m)$ correspond au passage de $m+1$ à m quanta de rotation, la queue $P(m)$ correspond au passage de $m-1$ à m quanta de rotation, le noyau $Q(m)$ est émis sans changement du nombre m de ces quanta.

La bande est disposée presque symétriquement par rapport à son origine. Les raies du noyau sont resserrées et accumulées sur une étendue de 1,7 Å. Sur les spectrogrammes à dispersion faible ou moyenne, le noyau apparaît

---

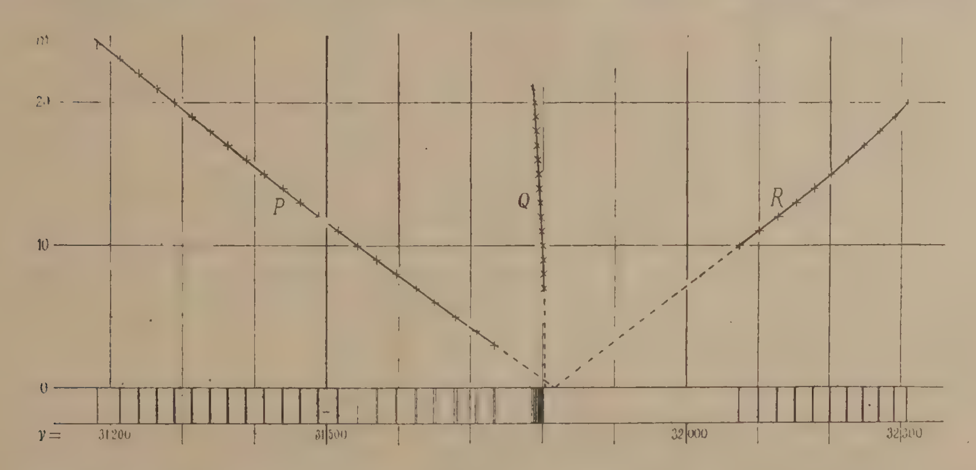
(1) *Astrophysical Journal*, t. 30, 1909, p. 48.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, t. 100, 1922, p. 167.

(3) Séance du 31 mars 1924.

sous forme d'une raie intense plus ou moins large. La tête et la queue sont formées de raies presque équidistantes et d'intensité décroissante aux deux extrémités de chacune d'elles. Les raies de numéro d'ordre inférieur à 10 sont absentes de la tête; les raies correspondantes de la queue ($m < 11$) sont anormalement faibles et en général doubles. Dans la dernière colonne du tableau sont inscrits les nombres d'ondes de quelques raies qui n'ont pu être classées : elles sont toutes plus faibles que n'importe quelle raie classée et les conditions de l'émission permettent de supposer qu'elles sont étrangères à la bande.

Le pointé des raies a présenté des difficultés spéciales à cause de la superposition avec la bande $\lambda = 3064$ de l'oxygène émise en même temps qu'elle.



Les raies dont on a été amené à supposer l'existence et qui sont confondues avec une raie étrangère sont inscrites entre parenthèses dans le tableau qui donne les nombres d'onde mesurés dans le système international et ramenés au vide. La relation de combinaison

$$P(m+1) - Q(m) = Q(m+1) - R(m)$$

détermine les numéros d'ordre m sans ambiguïté, bien qu'elle ne soit pas vérifiée parfaitement.

La structure de la bande $\lambda = 3143$ indique-t-elle une parenté avec les bandes $\lambda = 4320$ et $\lambda = 3889$ des carbures d'hydrogène? Elle leur ressemble dans la mesure où elles se ressemblent entre elles : ses principaux caractères peuvent s'y retrouver, surtout dans la première. Les analogies sont moindres qu'entre des bandes d'un même groupe. Il n'est pas impossible qu'elles soient émises par une même molécule, mais dans des conditions très différentes.

Tableau I. — *Nombre d'ondes des raies de la bande* $\lambda = 3143$.

Numéro d'ordre m.	R(m).	Q(m).	P(m).	Autres raies très faibles.
3	″	″	31 733,8 31 732,7	″ ″
4	″	″	31 709,4 31 707,2	″ ″
5	″	″	31 680,7 31 677,4	31 666,8 31 660,5
6	″	″	(31 651,5) 31 648,5	31 657,1 31 656,9
7	″	31 802,6	31 624,8 31 623,2	31 643,6 31 637,2
8	″	31 801,6	31 597,6 31 596,3	31 630,4 31 613,2
9	″	31 800,5	31 570,2 31 569,2	31 602,6
10	32 073,8	31 779,3	31 543,0	31 590,0
11	32 100,3	31 798,4	31 516,2	31 558,7
12	32 126,7	31 797,4	31 489,2	″
13	(32 152,1)	31 796,1	31 464,4	″
14	32 177,4	31 795,0	31 438,7	″
15	32 201,3	31 794,0	31 413,4	″
16	(32 225,0)	31 792,9	31 388,1	″
17	32 247,3	31 791,9	31 363,2	″
18	32 268,9	31 790,3	31 338,1	″
19	32 290,0	31 789,7	31 313,1	″
20	32 308,0	31 787,8	31 288,8	″
21	″	31 785,8	31 264,1	″
22	″	″	31 239,3	″
23	″	″	31 213,6	″
24	″	″	31 180,3	″

Cette conclusion est confirmée par le calcul des moments d'inertie I et I' de la molécule après et avant l'émission de la fréquence fondamentale ν_0. Les formules théoriques

$$P(m) = \nu_0 + c_0 - 2c_0 m + Cm^2, \qquad c_0 = \frac{h}{8\pi^2}\frac{1}{I'},$$

$$R(m) = \nu_0 + c_0 + 2c_0 m + Cm^2, \qquad C = \frac{h}{8\pi^2}\left(\frac{1}{I'} - \frac{1}{I}\right)$$

$$Q(m) = \nu_0 + Cm^2$$

ne représentent pas très bien la bande $\lambda = 3143$. Toutefois le calcul de

$R(m) - P(m)$ détermine le coefficient c_0 avec une précision très suffisante. Au contraire, les différences secondes entre les valeurs successives de $R(m) + P(m)$, égales théoriquement à $4C$ sont très irrégulières mais faibles, comme dans la bande $\lambda = 4320$: nous avons calculé I en choisissant pour C une valeur moyenne.

Le Tableau II donne pour les trois bandes des carbures d'hydrogène les moments d'inertie I et I', et la fréquence fondamentale ν_0 en nombre de vibrations par seconde.

Tableau II.

Bande.	I.	I'.	ν_0.
$\lambda = 4320$	$2,23.10^{-40}$	$2,19.10^{-40}$	$69,5.10^{13}$
$\lambda = 3889$	$2,\ 0.10^{-40}$	$2,\ 4.10^{-40}$	$77,1.10^{13}$
$\lambda = 3143$	$2,16.10^{-40}$	$2,\ 2.10^{-40}$	$95,3.10^{13}$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la réaction explosive.* Note de M. **Audibert**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai indiqué, dans une précédente Note, que la décomposition explosive de la nitroglycérine n'est pas instantanée, mais progressive. L'expérience suivante indique dans quelle mesure cette proposition est susceptible de généralisation.

On remplit d'un mélange gazeux explosif un tube rectiligne, formé de trois tronçons de même diamètre intérieur (12^{mm}) et de longueurs comprises entre 60 et 80^{cm}; les tronçons extrêmes sont en verre, le tronçon médian en caoutchouc (feuille anglaise mince et souple). On amorce la détonation à l'une des extrémités libres de l'un des tronçons en verre et l'on photographie la flamme, avec un objectif réduisant à $\frac{1}{40}$, sur un tambour tournant à la vitesse périphérique de 35^{m} par seconde. L'image obtenue dans ces conditions se compose de deux traces lumineuses rectilignes, que sépare un intervalle obscur correspondant au tronçon en caoutchouc et qui sont également inclinées sur les génératrices du tambour; selon que ces deux droites parallèles sont ou non dans le prolongement l'une de l'autre, la loi de la propagation est ou n'est pas indépendante de la modification que comporte, pour les conditions aux limites, la substitution du caoutchouc au verre.

Or les images qu'on obtient en employant le mélange $CH^4 + 2O^2$ présentent, dans le sens des génératrices, un décalage qui dénote une altération profonde du mouvement de l'onde dans le tube en caoutchouc, faisant ressortir une réduc-

tion de la vitesse moyenne susceptible d'atteindre 75 pour 100. La propagation de la détonation est par conséquent, dans ce cas, sous la dépendance des conditions aux limites; en d'autres termes, la réaction explosive n'est pas instantanée.

Il n'en est pas de même avec le mélange tonnant $2H^2 + O^2$, qui donne deux images à peu près exactement alignées. Mais on retrouve un décalage de même sens et du même ordre de grandeur lorsqu'on ajoute à ce gaz une certaine quantité d'azote, par exemple lorsqu'on opère sur le mélange $2H^2 + O^2 + N^2$. L'oxydation de l'hydrogène, à haute température et sous forte pression est donc ralentie par la présence de l'azote : un résultat analogue a, par ailleurs, été signalé pour l'oxyde de carbone [1]. Si l'on rapproche des résultats du fait que la décomposition explosive de la nitroglycérine fait passer son azote à l'état de protoxyde N^2O, on est conduit à les expliquer par la formation momentanée d'un oxyde d'azote qui se décompose par la suite en brûlant l'élément réducteur.

Le mécanisme de la réaction explosive paraît dès lors être le suivant :

Les atomes dont se compose la molécule d'un explosif quelconque, solide, liquide ou gazeux, peuvent, en se combinant de différentes manières, donner naissance à k systèmes gazeux différents. Des k réactions correspondantes, il en est une qui, dans les conditions de température et de pression qui s'établissent dans la tranche atteinte par l'onde, est plus rapide que toutes les autres. C'est cette réaction qui se produit d'abord quand l'explosif détone; le mélange gazeux (G) auquel elle donne naissance évolue ensuite suivant un processus exothermique. La durée de la décomposition de l'explosif varie d'après cela en sens inverse de la vitesse d'évolution du système (G). Elle est particulièrement brève, c'est-à-dire on a une explosion particulièrement brutale, avec les explosifs dont la composition est telle que k soit égal à l'unité ou que la plus rapide des k réactions possibles soit en même temps la plus fortement exothermique; le premier cas paraît être celui d'un certain nombre de solides de constitution extrêmement simple, chlorure, sulfure, iodure d'azote, azoture de plomb ou de mercure. Mais tous les explosifs pratiquement utilisables pour l'abatage d'un produit, tel que la houille, dont il importe de ne pas pousser la fragmentation à l'excès, c'est-à-dire tous ceux qui ne sont pas exceptionnellement brisants, détonent à la manière de la nitroglycérine.

---

(1) W.-A. Bone, D.-M. Newitt and D.-T.-A. Townsend, *Proc. Roy. Soc.*, 1923, p. 103-205.

Ces considérations conduisent à la conclusion suivante :

Les réactions entre gaz, auxquelles la décomposition d'un explosif brisant donne lieu, comportent la combustion d'éléments réducteurs : hydrogène et oxyde de carbone, c'est-à-dire la production d'une flamme. Si donc le tir a lieu dans une atmosphère inflammable, par exemple en présence de grisou ou de poussières, la sécurité est subordonnée à la condition que ces réactions productrices de flamme soient arrêtées ou achevées avant tout contact avec le milieu ambiant. Il résulte de là qu'il n'existe pas d'explosif de sûreté, c'est-à-dire d'explosif spécifiquement inapte à allumer le grisou ou les poussières ; il y a seulement, pour un explosif donné, des conditions d'emploi plus ou moins dangereuses que d'autres, et, pour des conditions d'emploi déterminées, des explosifs plus ou moins dangereux que d'autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la propagation de l'onde de choc.* Note de M. **P. Laffitte**, présentée par M. Le Chatelier.

L'objet des recherches rapportées dans la présente Note a été l'étude de la détonation des explosifs solides par la méthode d'enregistrement photographique, méthode utilisée jusqu'ici seulement pour l'étude des mélanges gazeux (Mallard et Le Chatelier, Dixon, etc.).

Les explosifs utilisés ont été la poudre Favier n° 1 (azotate d'ammoniaque 87,4 ; binitronaphtaline 12,6), l'acide picrique et la dynamite n° 1 (nitroglycérine 75 ; guhr 25). L'explosif est mis dans un tube de verre de 5 à 15^{mm} de diamètre, suivant les expériences. La détonation est provoquée à l'aide d'une capsule de 2^{g} de fulminate de mercure amorcée avec un détonateur électrique. La vitesse de rotation du cylindre photographique est telle que la vitesse linéaire de déplacement du papier sensible est de 40 à 45 m : sec suivant les expériences. Dans ces conditions, lorsqu'un tube de verre est en partie rempli d'explosif, on observe sur la photographie deux parties bien distinctes : une première image rectiligne correspond à la propagation de l'*onde explosive* dans l'explosif, et donne par son inclinaison une mesure de la vitesse de propagation ; à la suite, une seconde image dont l'intensité lumineuse est au début au moins égale à celle de l'onde explosive, puis va rapidement en décroissant.

Cette image correspond à une *onde de choc* qui s'est formée au contact de la dernière tranche d'explosif et qui s'est propagée dans la partie du tube ne contenant pas d'explosif, c'est-à-dire dans l'air ou dans tout autre gaz con-

tenu dans le tube. L'inclinaison variable de cette seconde image montre que la vitesse de propagation de l'onde de choc est au début en général supérieure à celle de l'onde explosive, puis décroît ensuite sans que la loi de cette décroissance puisse être suivie longtemps. En effet, dans un gaz donné, l'onde de choc cesse d'être lumineuse après un certain parcours qui, pour l'explosif étudié, dépend de sa densité de chargement ainsi que du diamètre du tube.

Les expériences faites avec la dynamite n° 1 ont permis de photographier cette onde de choc dans l'air et dans divers gaz. La photographie n° 1 a été obtenue avec un tube de 75^{cm} de long et de 5^{mm} de diamètre intérieur. La dynamite ($5^{g},7$) occupait, à la densité de 0,95, une longueur de 25^{cm}; son explosion, qui s'est propagée à la vitesse de 2750 m : sec, est représentée par la partie rectiligne de l'image. On voit ensuite, après une interruption (produite par un papier noir collé sur le tube à l'extrémité de la dynamite),

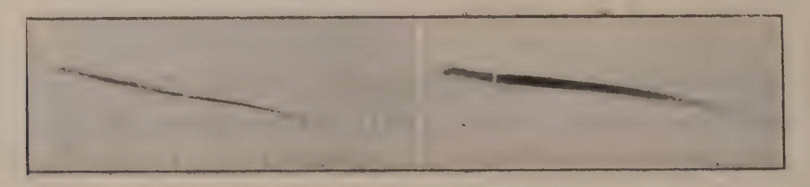


Fig. 1. Fig. 2.
(Reproduction en grandeur naturelle des négatifs originaux).

l'image de l'onde de choc dont la vitesse moyenne sur les 10 premiers centimètres de son parcours est de l'ordre de 3500 m : sec, puis sur les 15^{cm} suivants s'abaisse à 2500 m : sec environ; au delà, l'image n'est plus visible. En employant un tube de plus grand diamètre, cette onde de choc est visible sur une plus grande longueur. Ainsi la photographie n° 2 a été obtenue avec un tube de 15^{mm} de diamètre contenant $13^{g},5$ de dynamite sur 10^{cm} (densité de chargement 0,90). On voit que l'onde de choc est visible sur 55^{cm} environ (distance entre les deux bandes de papier noir sur le tube : 50^{cm}).

Des expériences ont aussi été faites dans divers gaz : oxygène, azote, protoxyde et peroxyde d'azote, hydrogène, acétylène, cyanogène, oxyde de carbone, acide carbonique, anhydride sulfureux et hydrogène sulfuré. La dynamite était employée à une densité de chargement de 0,95 sur une longueur de 25^{cm}, dans des tubes de 5^{mm} de diamètre et de 75^{cm} de long fermés aux extrémités. La photographie n° 3 a été obtenue avec un tube

contenant de l'hydrogène; l'onde explosive se propageant à 2750^m par seconde a donné naissance à une onde de choc se déplaçant, sur 20^{cm} environ, à la vitesse uniforme de 4900^m par seconde environ; au delà elle n'est plus lumineuse. Avec les autres gaz étudiés on a, en général, pour l'onde de choc, des vitesses du même ordre de grandeur que dans l'air et une intensité lumi-

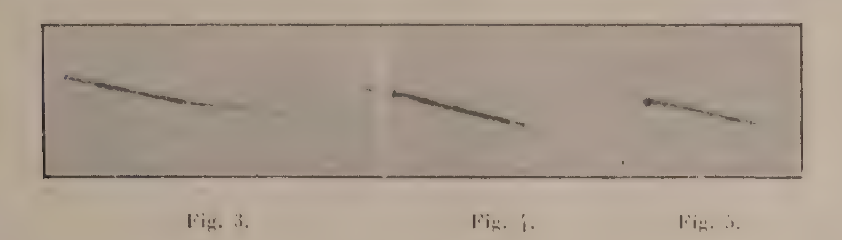


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

neuse analogue. Dans l'hydrogène sulfuré, cependant, cette onde de choc n'est pas visible (photographie n° 4) excepté sur 2 ou 3^{cm} seulement, la chaleur dégagée au passage de l'onde de choc étant alors absorbée par la décomposition de l'hydrogène sulfuré. Dans un vide de l'ordre de $0^{mm},1$ de mercure aucune onde de choc n'est visible (photographie n° 5) sauf sur les 2 ou 3^{cm} après la fin de la dynamite.

Des expériences sont actuellement en cours dans le but d'appliquer les résultats précédents à l'étude de la transmission de la détonation à distance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stéréochimie du ruthénium.*

Note [1] de M. **Raymond Charonnat**, présentée par M. A. Béhal.

La théorie de Werner est-elle applicable aux combinaisons complexes du ruthénium? Les combinaisons que l'on connaît s'écartent presque toutes des types des complexes que forment les métaux voisins du ruthénium dans la classification périodique (rhodium, iridium). On ne connaît pas de ruthénohexachlorures, mais des ruthénopentachlorures $[RuCl^5]M^2$ et des ruthénoaquopentachlorures $[Ru(H^2O)Cl^5]M^2$; il existe des pentanitrites $[Ru(NO^2)^5]M^2$ et non des hexanitrites comme ceux de Ir, Rh, Co. On n'a pas encore signalé de couples d'isomères dans les combinaisons telles que $[Ru(NO)A^4X]X^2$ (A = atome ou groupe monocoordinant ou demi-groupe

(1) Séance du 31 mars 1924.

bicoordinant, X = atome ou groupe monovalent) où la théorie de Werner en prévoit. Par contre, J. Lewis Howe (1) d'une part, U. Antony (2) de l'autre, ont décrit deux ruthénihexachlorures de potassium $[RuCl^6]K^2$ très différents, alors que la théorie n'en prévoit qu'un seul. Enfin jusqu'alors aucune combinaison optiquement active n'a été isolée : un des derniers mémoires de Werner, publié en collaboration avec P. Smirnoff (3) relate l'échec des tentatives faites sur les complexes $(Ru(NO)en^2(OH)]X^2$ (en = éthylènediamine).

L'étude de la stéréochimie du ruthénium méritait d'être reprise. Peut-on former des combinaisons parfaitement hexacoordonnées et analogues à celles de l'iridium et du rhodium. Peut-on obtenir les isomères cis et trans des sels dont la formule laisse prévoir ces deux formes. Peut-on dédoubler un ion complexe ayant un atome de ruthénium au centre et une formule dissymétrique en deux antipodes? J'ai résolu par l'affirmative ces trois questions; la présente Note expose succinctement la solution des deux premières.

Par action de l'oxalate neutre de potassium en léger excès sur l'acide chlororuthénique $RuCl^3$, HCl, $2H^2O$, à 130° pendant 2 heures, j'ai obtenu la combinaison $2[Ru(C^2O^4)^3]K^3$, KCl, $8H^2O$ qui se présente en énormes rhomboèdres basés de couleur verte, de forme presque identique à celle des dérivés de l'iridium et du rhodium de même composition décrits par M. Delépine (4) et M. Duffour (5). Par recristallisation dans l'eau, le sel double se sépare en ses constituants; on obtient le ruthénotrioxalate de potassium $[Ru(C^2O^4)^3]K^3$, $4,5H^2O$ en gros prismes tricliniques verts isomorphes des irido- et rhodotrioxalates de potassium, syncristallisant avec les alumino- chromi- et ferritrioxalates de potassium.

L'anion iridotrioxalique a été dédoublé en ses antipodes par M. Delépine (6), le complexe rhodique par Werner (7); la cristallisation fractionnée des sels de strychnine (Delépine), des sels de baryum et strychnine (Werner) ne m'a pas permis de séparer dans le cas du ruthénium les formes

---

(1) J. Levis Howe, *J. Am. Chem. Soc.*, t. 26, 1904, p. 543.

(2) U. Antony, *Gazz. Chim. Ital.*, t. 29, 1889, p. 1. — Voir Werner, *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie*, 3e édit., p. 374.

(3) A. Werner et P. Smirnoff, *Helv. Chem. Acta*, t. 3, 1920, p. 737.

(4) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 21, 1917, p. 166.

(5) A. Duffour, *Bull. Soc. Min.*, t. 45, 1922, p. 59.

(6) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 21, 1917, p. 157.

(7) Werner, *D. Ch. G.*, t. 47, 1914, p. 1954.

actives de l'anion; le dédoublement présente de grandes difficultés qui tiennent à la fragilité de l'ion $[Ru(C^2O^4)^3]$, mais il est possible; en effet on peut former un racémique mixte (Ru, Ir) ([1]). Le *d*-iridotrioxalate de potassium (rhomboédrique) a pu syncristalliser avec le $(d+l)$ ruthénotrioxalate en formant des cristaux tricliniques; le pouvoir rotatoire de ces cristaux pour la lumière jaune du sodium correspondait à celui de l'iridotrioxalate qu'ils contenaient, ce qui montre que le ruthénotrioxalate actif libéré se racémise immédiatement en solution aqueuse ou que son pouvoir rotatoire en lumière jaune est voisin de zéro (c'est le cas du rhodotrioxalate de potassium actif). De nouvelles recherches seront faites pour élucider cette question.

L'action ménagée de la pyridine sur le ruthénotrioxalate de potassium donne un ruthénodipyridinodioxalate de potassium $[RuPy^2(C^2O^4)^2]K$ se présentant sous deux états d'hydratation; le sel à $6H^2O$ en octaèdres monocliniques jaune brun, très efflorescent, le sel à $2H^2O$ en aiguilles monocliniques rouges; tous deux, à la couleur et à la fragilité près, ressemblent étroitement aux deux iridodipyridino-1.6-dioxalates de potassium que M. Delépine a décrits ([2]).

Werner et Smirnoff (*Mém. cit.*), n'ayant pu dédoubler l'ion

$$[Ru(NO)en^2(OH)]^{++},$$

ont conclu que les groupes (NO) et (OH) devaient être placés en 1-6 sur l'octaèdre (isomère *trans*). C'est dans cette série même de complexes que j'ai cherché à mettre en évidence une paire d'isomères *cis* et *trans*. Les auteurs cités préparaient leurs corps par substitution de l'éthylènediamine à l'ammoniaque dans les dérivés ammoniés de Joly $[Ru(NO)(NH^3)^4OH]^{++}$; on les obtient plus simplement par action de l'éthylènediamine sur un chlorosel nitrosé à la température ordinaire; avec de l'iodure de potassium on précipite le corps de Werner $[Ru(NO)en^2(OH)]I^2$ accompagné de $[Ru(NO)en\,I^3]$: je n'ai pu isoler dans les produits de la réaction un autre corps de même formule. Les hydracides transforment les sels hydroxo en sels $[Ru(NO)en^2X]X^2$ et non en sels aquo comme dans le cas des dérivés tétrammoniés. Le diiodure de ruthénonitrosoiododiéthylènediamine $[Ru(NO)en^2I]I^2$ qui cristallise en aiguilles rouges efflorescentes à $2H^2O$, par chauffage prolongé au bain-marie ou à l'autoclave, se

---

([1]) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 656.

([2]) M. Delépine, *Ann. Chim.*, 9e série, t. 29, 1923, p. 156.

transforme irréversiblement en un sel de même composition qui cristallise anhydre en masses mamelonnées d'un rouge plus foncé ; les picrates, chloroplatinates, chloroiridates, chloromercurates de ces deux isomères forment deux séries tout à fait différentes. Le dérivé hydroxo $[Ru(NO)en^2(OH)]I^2$ ne subit pas la même transposition qui est analogue à celle du chlorure de cobalti-*trans*dichlorodiéthylènediamine $(Co\,Cl^2\,en^2)\,Cl$ en isomère *cis* par simple chauffage à 100° [1]. Si la série de Werner est bien celle des dérivés *trans*, la nouvelle doit être une série de dérivés *cis* (plus stable, à vitesse de formation moindre).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du brome sur les éthers sulfométhyliques des phénols. Dosage du soufre dans les éthers et les sels phénolsulfoniques.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **M. Frèrejacque.**

L'action du sulfate diméthylique sur les phénols et leurs éthers méthyliques nous a fourni une méthode avantageuse pour obtenir leurs éthers méthylsulfoniques [2]. Nous avons examiné l'action du brome sur ces éthers.

I. Lorsqu'on fait agir le brome (1^{at}) en solution méthylique sur l'éther orthocrésolsulfonique $C^6H^3(OH)_1(CH^3)_2SO^3CH^3$ (1^{mol}) en solution méthylique *bien refroidie* on isole facilement après évaporation de l'alcool :

1° Un produit de substitution $C^6H^2(OH)_1(CH^3)_2(SO^3CH^3)Br$, insoluble dans l'eau et soluble dans l'éther, fondant à 143° après purification dans la ligroïne. Ce corps a conservé les propriétés méthylantes du corps dont on est parti et fournit, en particulier, le dérivé caractéristique de l'urotropine [3].

2° L'acide correspondant à l'éther précédent, soluble dans l'eau et insoluble dans l'éther, qu'on a caractérisé par son sel de baryum peu soluble à froid.

Il y a donc *à froid* substitution du brome et déméthylation de l'éther, mais il n'y a pas libération d'acide sulfurique. *A la température du bain-marie bouillant* un second atome de brome entre en jeu mais en chassant le groupe SO^3H et s'y substituant, en sorte qu'en employant un excès de

---

(1) Jorgensen, *J. prakt. Ch.*, 2e série, t. 41, 1890, p. 448.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 900-902.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 945-947.

brome à chaud on obtient uniquement le dibromo-orthocrésol et l'acide sulfurique.

OH, CH^3, SO^3CH^3	OH, Br, CH^3, SO^3CH^3	OH, Br, CH^3, SO^3H	OH, Br, CH^3, Br

L'acide bromocrésol sulfonique et le dibromocrésol ainsi obtenus ont pu être identifiés avec des corps déjà décrits : la constitution de l'éther méthylsulfonique initial se trouve fixée, sous réserve de l'exactitude de celle de l'acide bromocrésolsulfonique.

L'action du brome sur l'éther anisolsulfonique $C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$ conduit parallèlement aux deux dérivés bromés $C^6H^3(OCH^3)_1(SO^3H)_4Br$ et $C^6H^3(OCH^3)Br^2$. Là encore le second atome de brome ne se fixe pas sans chasser le groupe sulfurique.

Le sulfate diméthylique qui sulfone si aisément les phénols n'agit pas sur leurs dérivés bromés, même à des températures égales ou supérieures à celles qui provoquent la sulfonation des phénols. Les essais qui ont porté sur le tribromophénol, le tribromocrésol, le dibromoanisol ont été négatifs en ce qui concerne la sulfonation. Avec le tribromophénol on a observé la formation de tribromoanisol. Cette inertie est d'ailleurs en harmonie avec l'*élimination totale du groupement sulfonique par le brome qui nous a permis d'utiliser cet agent à la détermination quantitative du soufre dans les dérivés sulfoniques des phénols.*

II. Sur ce sujet il a été publié récemment, par M. Desvergnes (¹), une « méthode rapide d'analyse des acides sulfoniques ». Il s'agissait seulement de suivre les progrès de la sulfonation industrielle du phénol, c'est-à-dire de trouver la proportion des acides mono, di et éventuellement trisulfonique. Le procédé repose sur le fait que ces acides sont en solution aqueuse hydrolysés par une solution saturée de brome dans l'acide chlorhydrique, si l'on opère avec des concentrations convenables de réactif et d'acide phénolsulfonique. En fait, M. Desvergnes employait à la sulfonation du phénol une quantité connue d'acide qu'il retrouvait ensuite dans le mélange brut au moyen de son procédé. Il n'a pas appliqué ce procédé à des dérivés sulfoniques définis; il n'en indique aucun contrôle sur des substances pures.

(¹) *Ann. Chim. analyt.*, 2ᵉ série, t. 2, 1920, p. 24.

Ayant à notre disposition un certain nombre de dérivés sulfoniques purs, bien cristallisés et très maniables, nous les avons soumis au procédé de M. Desvergnes et nous lui apportons pleine confirmation. Nos éthers méthylsulfoniques étant insolubles dans l'eau, il a fallu commencer par les hydrolyser par une action plus ou moins prolongée de l'eau bouillante: en général l'éther est solubilisé en moins d'une demi-heure. Ceci fait on ajoute le réactif de M. Desvergnes (20^{cm^3} pour 2 à 3^{dg} de substance) et l'on chauffe jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de brome, environ une demi-heure également. On dilue, on filtre le dérivé halogéné et l'on dose l'acide sulfurique dans la liqueur filtrée. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Substance.	S pour 100 calculé.	S pour 100 trouvé.
$C^6H^4(OH)_1(SO^3CH^3)_4$........	17,0	17,0
$C^6H^3(OH)_1(CH^3)_2(SO^3CH^3)_5$,...	15,8	15,8
$C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$........	15,8	15,7
$C^6H^3(OH)_1(CO^2CH^3)_2(SO^3CH^3)$.	13,0	13,0
$C^6H^3(OH)_1(CH^3)_4(SO^3CH^3)$.....	15,7	15,8

Les dérivés d'addition *solubles dans l'eau* des éthers sulfoniques avec les bases tertiaires sont directement justiciables de cette méthode. Les chiffres indiqués se rapportent aux anisolsulfonates des bases quaternaires obtenues (*loc. cit.*) avec les bases tertiaires suivantes :

Diméthylaniline	9,9	9,9
Antipyrine	8,2	8,1
Brucine..........................	5,21	5,25
Quinine..........................	6,08	6,10

Remarques. — 1° Les acides acycliques méthanesulfonique CH^3SO^3H et sulfacétique $SO^3H.CH^2CO^2H$ ou plus exactement leurs sels de baryum ne cèdent *pas trace* d'acide sulfurique dans les mêmes circonstances.

2° L'acide phénolsulfonique ne fournit finalement pas trace de tribromophénol comme semble le supposer M. Desvergnes, mais exclusivement le chloranile. En résumé, l'action du brome sur les éthers méthylsulfoniques des phénols fournit *à froid* un dérivé de substitution et provoque *à chaud* une désulfonation qui peut être totale et permet en conséquence d'utiliser cette action au dosage du soufre dans ces molécules.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides métaoxybenzoïques iodés.* Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. A. Haller

Weselsky ([1]) dans l'action de l'iode et de l'oxyde de mercure sur une solution alcoolique d'acide métaoxybenzoïque a obtenu un acide monoiodé dont il n'indique pas le point de fusion, ni la constitution.

Limpricht ([2]) en copulant le chlorure de diazobenzène avec une solution alcaline d'acide métaoxybenzoïque obtint l'oxyazoïque

$$C^6H^5 - N = \underset{6}{N} - C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)},$$

qui réduit par le protochlorure d'étain fournit l'acide aminobenzoïque $C^6H^3\underset{6}{(NH^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, dont le chlorhydrate de diazo décomposé par l'acide iodhydrique donne l'acide iodé $C^6H^3\underset{6}{I}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, fusible vers 196°.

Beyer ([3]), en reprenant le travail de Griess ([4]) sur la nitration de l'acide métaoxybenzoïque, isola l'acide mononitré $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, puis un acide qu'il montra être l'isomère 1.3.6 et non l'isomère 1.3.5 comme le pensait Griess, et enfin l'isomère 1.3.2. En décomposant par une solution aqueuse d'iodure de potassium le sulfate du diazoïque de l'acide aminométaoxybenzoïque 1.3.4 il obtint l'acide iodé $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, fusible à 226°-228° identique à l'acide iodé qu'il obtint par l'ioduration de l'acide métaoxybenzoïque par la méthode de Weselsky. Il prépara de même, à l'aide du diazoïque de l'acide aminooxybenzoïque 1.3.6, l'acide iodé $C^6H^3\underset{6}{I}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ de Limpricht.

Quand le travail de Beyer parut, nous avions déjà obtenu les résultats acquis par ce chimiste. Ayant entrepris un travail d'ensemble sur les acides oxybenzoïques iodés, nous désirons les faire connaître.

Acides métaoxybenzoïques mononitrés. — En suivant les indications de Griess, on obtient l'isomère $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dans la propor-

---

([1]) Weselsky, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. 174, 1874, p. 105.

([2]) Limpricht, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. 263, 1891, p. 234.

([3]) Beyer, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 40, 1921, p. 621.

([4]) Griess, *Bericht*, t. 20, 1887, p. 403.

tion de $2^g,50$ pour 10^g d'acide métaoxybenzoïque soumis à la nitration. Purifié, il est en cristaux rouge orangé, fusibles à 230°.

L'isomère $C^6H^3\underset{6}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ obtenu en décomposant son sel de baryum par l'acide sulfurique cristallise de sa solution aqueuse concentrée en aiguilles jaune pâle brunissant dès 155° et fusibles à 167°. Le rendement est de 3^g pour 10^g d'acide métaoxybenzoïque.

$C^6H^3\underset{4}{(NH^2HCl)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COHO)}$. — A un mélange de 12^g d'étain et de 40^{cm^3} d'acide chlorhydrique employé en plusieurs fois on ajoute peu à peu 10^g d'acide nitrooxybenzoïque 1.3.4; en chauffant et en agitant la réduction a lieu. La liqueur, à froid, abandonne le sel double d'étain et de l'amine en cristaux jaune pâle. On dissout la bouillie cristalline dans l'eau et l'on précipite l'étain par l'hydrogène sulfuré. La solution séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide donne le chlorhydrate en aiguilles blanches, se décomposant vers 210°.

Acide iodométaoxybenzoïque $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On dissout $5^g,70$ de chlorhydrate dans 60^{cm^3} d'eau bouillante; on additionne la liqueur de 8^g d'acide sulfurique pur en agitant de façon à avoir le sulfate à l'état très divisé. On ajoute au mélange maintenu à 0° une solution de $2^g,20$ de nitrite de soude dans 10^{cm^3} d'eau. La réaction terminée, on verse la bouillie rouge orangé du sulfate du diazo peu soluble dans 18^g d'acide iodhydrique concentré refroidi. On porte peu à peu le mélange à 90°; quand le dégagement d'azote a cessé, on décolore avec du gaz sulfureux la liqueur froide colorée par de l'iode. Pour purifier le produit brut (7^g), on maintient sa solution dans l'eau chaude additionnée de noir de sang au bain-marie bouillant. La liqueur incolore filtrée abandonne à froid l'acide iodé en aiguilles blanches, fusibles à 226° en se décomposant.

Cet isomère est identique à l'acide métaoxybenzoïque iodé que nous avons préparé par le procédé de Weselsky.

L'éther acétique $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{3}{(OCOCH^3)}\underset{1}{(COOH)}$ obtenu avec l'acide iodé ayant l'une ou l'autre origine est en paillettes blanches, fusibles à 203°.

$C^6H^3\underset{6}{(NH^2HCl)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — Ce sel a été obtenu en réduisant par l'étain et l'acide chlorhydrique l'acide nitré $C^6H^3\underset{6}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. On opère comme nous venons de l'indiquer pour le sel isomère 1.3.4. Aiguilles blanches se décomposant vers 200°.

Acide iodométaoxybenzoïque $C^6H^3\underset{6}{I}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — Pour obtenir cet

isomère avec le chlorhydrate 1.3.6, nous avons opéré comme pour la préparation de l'isomère iodé 1.3.4. Le sulfate du diazo est jaune pâle, peu soluble. Il a été purifié par cristallisation dans l'eau chaude additionnée de noir de sang. Aiguilles blanches, brillantes, brunissant à 196°, fusibles à 198°.

Éther acétique $C^6H^3\underset{6}{I}(\underset{3}{OCOCH^3})(\underset{1}{COOH})$. — Fines aiguilles, blanches, fusibles à 157°.

Acide métaoxybenzoïque azobenzène $C^6H^5 - \underset{6}{N^2} - C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On ajoute, en agitant à un mélange de 45^g d'acide chlorhydrique et de 100^g d'eau, 14^g d'aniline, puis on introduit peu à peu dans la liqueur refroidie au-dessous de 0° une solution de $11^g,35$ de nitrite de soude dans 40^{cm^3} d'eau. On verse la solution du diazo dans une dissolution refroidie de $20^g,7$ d'acide métaoxybenzoïque dans 65^g de lessive de soude à 40 pour 100 étendue de 65^g d'eau. La solution rouge de l'azoïque est mélangée avec 500^g d'eau contenant 80^g d'acide chlorhydrique, puis on maintient au BM tiède pendant une heure le mélange. Le produit brut (40^g) est purifié en le traitant par une solution de 10^g de carbonate de soude dans 250^{cm^3} d'eau; on sépare un peu de résine insoluble et l'on décompose la solution alcaline par l'acide chlorhydrique. Après deux cristallisations dans l'alcool l'azoïque pur est en aiguilles jaune foncé, brillantes, fusibles à 223°.

Pour réduire cet azoïque, on ajoute $7^g,26$ du composé dans une solution de 15^g de protochlorure d'étain dans 15^{cm^3} d'acide chlorhydrique; la réaction se manifeste par un échauffement du mélange. On recueille le sel double et l'on précipite l'étain de sa solution aqueuse par l'hydrogène sulfuré. La liqueur séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide fournit le chlorhydrate $C^6H^3\underset{6}{(NH^2.HCl)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, contenant un peu de chlorhydrate d'aniline.

L'acide oxybenzoïque iodé que nous avons ensuite préparé avec ce sel ayant pour origine l'azoïque de Limpricht $C^6H^3 - \underset{6}{N^2}(C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)})$ de constitution certaine est identique à l'acide iodé obtenu avec le chlorhydrate de l'acide aminométaoxybenzoïque provenant de la réduction de l'acide nitrométaoxybenzoïque de Griess. Les éthers acétiques sont identiques. Ces faits démontrent que l'acide nitré de Griess est bien l'isomère $C^6H^3\underset{6}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, et non l'isomère 1.3.5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la connaissance du sulfure de picryle; action des alcalis.* Note de MM. **V. Thomas**, **M. Bathiat** et **A. Génet**, présentée par M. A. Haller.

La potasse alcoolique attaque le sulfure de picryle dès la température ordinaire en donnant une solution rouge foncée. A chaud, l'attaque, beaucoup, plus rapide, donne lieu à un dégagement d'ammoniaque; elle se produit déjà très régulièrement avec de la potasse à 3 pour 100.

La présente Note a pour but de résumer les résultats auxquels nous a conduits l'étude de cette réaction.

1. L'attaque par la potasse alcoolique donne naissance, à froid comme à chaud, à de l'acide picrique (picrate de K), à du picrate d'éthyle et à de l'acide picramique (picramate de K).

Au cours de la réaction se forme, à chaud tout au moins, une petite quantité de produit fondant à 115°, possédant les propriétés d'un dinitrophénol, et que le traitement par les mélanges nitrants transforme en acide picrique, ce qui permet de l'identifier, étant donné son point de fusion avec le dinitrophénol 1.2.4.

La réaction principale s'effectue donc suivant le schéma

$$NO^2\langle C_6H_2(NO^2)^2\rangle - S - \langle C_6H_2(NO^2)^2\rangle NO^2 + 2H^2O$$

$$\rightarrow NO^2\langle C_6H_2(NO^2)^2\rangle OH + H^2S + OH\langle C_6H_2(NO^2)^2\rangle NO^2.$$

Sous l'influence du sulfure de potassium qui prend naissance, une des deux molécules d'acide picrique est réduite normalement à l'état d'acide picramique, le soufre passant à l'état de sulfite de potasse.

Le bilan de réaction, établi d'après les réactions précédentes, indiquerait un rendement en picramate de potasse de 51,5 pour 100 et un rendement en picrate (calculé en picrate d'éthyle) de 56,3 pour 100. Pratiquement nous avons obtenu 42,8 de picramate, 26,9 de picrate d'éthyle et 7,2 de picrate de potasse, la proportion de ces deux derniers variant suivant les conditions expérimentales, par suite d'une saponification plus ou moins avancée de l'éther. D'autre part nous avons pu isoler

3 pour 100 de dinitrophénol. La masse, du reste, subit une décomposition plus avancée et fournit environ 10 pour 100 de goudron.

2. Afin d'étudier le processus de cette décomposition, nous avons été amenés à essayer le dédoublement en l'absence d'eau. Nous avons employé, comme agent de dédoublement, l'isoamylate de soude en dissolution dans l'alcool amylique. Pour obvier à la faible solubilité du sulfure de picryle dans cet alcool, le sulfure a été placé dans un appareil d'extraction et épuisé par les vapeurs de la solution d'amylate de soude. Dans ces conditions, il se dissout progressivement et la liqueur d'amylate se colore en rouge extrêmement foncé au contact du liquide s'écoulant de l'extracteur.

Ce qui différencie immédiatement cette réaction du dédoublement par la potasse alcoolique, c'est la non-formation d'ammoniaque même en présence d'un grand excès d'amylate de soude à température élevée (190°).

La séparation des produits formés dans la réaction ne va pas sans difficulté. Toutefois la benzine permet de séparer un constituant soluble et un constituant insoluble.

Le composé insoluble dans la benzine est soluble dans l'alcool, le chloroforme, l'éther, l'acétone, mais, de toutes ces solutions, nous n'avons pu l'obtenir cristallisé. Le produit de couleur jaune déflagre très vivement sous l'action de la chaleur, ce qui rend pénible la détermination des cendres. Celles-ci sont constituées par du sulfate de soude. Le composé est donc de nature saline. Le dosage du soufre indique une teneur de 12 pour 100. Traité par l'eau, il se décompose en donnant une solution rouge virant au jaune par les acides. Il se dissout directement en jaune dans les acides. Les liqueurs acides renferment de l'acide picrique. Ces faits nous conduisent à penser que nous sommes en présence d'un thiopicrate de soude (S théorique : 11,9).

Quant au composé soluble de la benzine, on peut arriver aussi à le purifier par cristallisation dans l'alcool ordinaire ou l'alcool amylique. Nous l'avons obtenu finalement isolé sous forme de lamelles fondant régulièrement à 69° (point de fusion déterminé au bloc et au bain d'acide sulfurique). Traitées par l'eau, elles se décomposent à chaud avec formation d'acide picrique. La liqueur renferme, en outre, de l'alcool amylique que nous avons pu caractériser par transformation en acétate d'amyle et en acide valérianique. Ce composé se trouve, par suite, identifié avec le picrate d'amyle décrit par Jackson [1], le point de fusion donné par cet auteur étant de 68-69°.

---

[1] *Amer. Chem. J.*, t. 29, p. 452.

La décomposition du sulfure de picryle par l'amylate de soude peut donc être formulée

$$\mathrm{NO^2}\overset{\mathrm{NO^2}}{\underset{\mathrm{NO^2}}{\langle\quad\rangle}}-\mathrm{S}-\overset{\mathrm{NO^2}}{\underset{\mathrm{NO^2}}{\langle\quad\rangle}}\mathrm{NO^2}+\mathrm{C^5H^{11}ONa}$$

$$\rightarrow\ \mathrm{NO^2}\overset{\mathrm{NO^2}}{\underset{\mathrm{NO^2}}{\langle\quad\rangle}}\mathrm{SNa}+\mathrm{C^5H^{11}O}\overset{\mathrm{NO^2}}{\underset{\mathrm{NO^2}}{\langle\quad\rangle}}\mathrm{NO^2}.$$

Il est probable que le thiopicrate au contact de l'eau se dédouble en acide picrique et sulfhydrate alcalin; mais dans la solution, même colorée en rouge, on ne peut déceler la présence d'acide picramique par la réaction de Derrien, après deux heures de chauffe au bain-marie.

La décomposition qu'éprouve le sulfure de picryle par traitement à la potasse alcoolique peut par suite être interprétée de la façon suivante :

a. Dédoublement en picrate d'éthyle et thiopicrate;

b. Dédoublement partiel par hydrolyse du picrate d'éthyle en alcool et picrate alcalin;

c. Dédoublement par hydrolyse du thiopicrate en picrate et sulfhydrate;

d. Réduction de l'acide picrique en acide picramique par le sulfure en milieu alcalin.

Quant au processus de réactions conduisant à la formation d'ammoniaque et de dinitriphénol, il reste encore à élucider. Il est probable toutefois que le dégagement d'ammoniaque est lié à des réactions de même ordre que celles qui permettent la formation de ce corps à partir de l'acide picrique.

Nos recherches se poursuivent à ce sujet.

LITHOLOGIE. — *Granite et microgranite à structure graphique, près Périers (Manche), et roches écrasées des environs de Coutances.* Note [1] de Mme **E. Jérémine.**

La roche granitique du Pont de la Feuillie, des Millières, de la Cauchardière est intermédiaire au point de vue de la structure entre le granite et le microgranite; le microcline et le quartz y sont associés en fine pegmatite

[1] Séance du 31 mars 1924.

graphique. On y rencontre des cristaux d'albite, de microcline, d'orthose et de quartz tantôt au centre d'un groupement pegmatique, tantôt isolés. Quand l'albite est au centre d'un étoilement graphique, elle est entourée d'abord par une bordure de microcline. L'orthose est souvent faculée d'orthose sodique ou bien l'orthose et le microcline sont faculés d'albite. Parfois la roche est composée uniquement par des étoilements graphiques sans grands cristaux de quartz ou de feldspath. La roche est presque leucocrate. Le seul minéral ferromagnésien, peu abondant, y est une biotite en petites lamelles faiblement colorées, à peine biaxe (polychroïsme n_g = jaune brunâtre, n_p = jaune très pâle, n_m = jaune brunâtre). Elle est généralement altérée, sauf dans le gisement des Millières. Ce mica semble être d'origine pneumatolytique, car il pénètre souvent dans les moindres fissures de la roche ou des minéraux qu'elle contient.

Les phénomènes d'écrasement apparaissent dans une roche encore franchement graphique. Les premiers symptômes en sont : l'extinction roulante du quartz, des cassures, accompagnées de dislocations dans les feldspaths, des apparitions locales de la structure en mortier. Par des passages insensibles, dans un écrasement croissant, on arrive au granite qui affleure à Tringale (1^{km},5 des Millières). L'on y voit de grands cristaux de quartz à extinction roulante, qui contient quelques lambeaux irréguliers de microcline à extinction simultanée, des feldspaths brisés et des régions de pegmatite graphique déformée. La structure en mortier est assez développée. Une roche analogue affleure sur la route de Périers à la Feuillie près de la carrière dite de Grurie.

Cette carrière est ouverte dans une pegmatite graphique et un granite écrasés; ces roches affectent sur le terrain une apparence trompeuse de roche sédimentaire. Hololeucocrates, riches en quartz, elles rappellent une arkose avec, sur un fond blanc laiteux, des galets arrondis ou déchiquetés de quartz bleu noir. Les diaclases vaguement régulières accentuées par l'écrasement, leur donnent un faux aspect stratiforme. Les géologues, qui n'ont pas utilisé l'étude microscopique, les ont marquées sur la carte comme grès feldspathique cambrien. Nous insistons sur son origine magmatique et non sédimentaire; on ne peut admettre l'hypothèse d'une roche recristallisée ; ses éléments se touchent directement sans aucun ciment, fréquemment toute la roche est pegmatique, mais brisée, les lambeaux pegmatiques intacts ne peuvent être regardés comme des débris clastiques. Les cristaux de quartz à apparence de galets ne sont pas roulés, ni nettement limités au sein de la roche, mais ils la pénètrent insensiblement et

capricieusement. Ils présentent des extinctions roulantes ou bien sont brisés en plusieurs fragments, plus ou moins déviés de leur orientation originelle. Parfois ils contiennent de petits cristaux de microcline. Ils sont riches en traînées d'inclusions liquides avec bulle mobile très animée.

L'analyse chimique de la pegmatite graphique typique du Pont de la Feuillie et celle de la roche à quartz noir de la Grurie (analyses 1 et 2) confirment qu'il s'agit bien d'une même roche.

Un autre gisement du même granite à structure graphique, situé un peu au sud-est de la carrière du Pont de la Feuillie dans une carrière abandonnée, est marqué sur la Carte géologique comme étant formé par un grès cambrien. Ici des phénomènes de désagrégation aidés par l'écrasement ont déterminé un délit en forme de boules, qui est seulement esquissé, la roche étant encore très fraîche. Dire qu'il s'agit là d'un conglomérat géant n'est pas possible, car la matière qui se trouve entre les boules et qu'un examen superficiel pourrait faire prendre pour un ciment apparaît, d'après l'étude en plaques minces, comme identique à la matière des blocs arrondis seulement désagrégés par les agents atmosphériques. A l'entrée de cette carrière (en venant du Pont de la Feuillie) on trouve encore la même roche que dans la carrière de Grurie, elle contient, en outre, des lits très minces, à peine inclinés, à aspect bréchiforme dont les éléments sont formés par une pegmatite graphique séricitisée, englobant une roche verdâtre filonienne.

Ce massif est figuré sur la carte géologique tantôt en grès feldspathique cambrien, tantôt en conglomérat de la base du Cambrien, tantôt comme appartenant à la « syénite de Coutances ». Nous ne prétendons pas en établir les contours précis. Mais il nous a paru intéressant de montrer que la roche qui le constitue mérite une désignation particulière, qu'elle est d'origine magmatique et qu'elle présente des particularités dues à l'écrasement.

J'ai rencontré d'autres roches écrasées dans les environs de Coutances sur les bords du massif de diorite quartzique (carrière de la Sourcinière et vallée de Cambernon au Nord, près d'Agon à l'Ouest). La roche de la Sourcinière présente des filonnets noirs à forme capricieuse de zoisite sur un fond blanc ou gris. Elle est leucocrate (voir analyse 3). Sa teinte noirâtre est due aux inclusions, en forme de poussière ferrugineuse extrêmement fine (schillérisation), distribuées dans les feldspaths. Ces derniers paraissent avoir été moins intéressés par l'écrasement que le quartz; cette roche contient des zones plus riches en amphibole.

Dans la vallée du Cambernon près de Château Lamare les phénomènes

d'écrasement ont été encore plus intenses. Les feldspaths saussuritisés ont pris une forme lenticulaire et autour d'eux s'alignent des traînées de quartz brisé et de muscovite.

Enfin les roches écrasées des environs d'Agon contiennent un peu de chlorite, de l'amphibole, de l'épidote, un peu de séricite et de calcite. A 500^m au nord d'Agon des débris de roche retirés d'un puits se sont montrés très écrasés; par leur structure, par la finesse de leur grain, elles se rapprochent de véritables mylonites.

Les analyses chimiques (3 et 4), effectuées par M. Raoult, montrent que les roches écrasées ont une certaine parenté avec la diorite de Coutances, mais elles ne lui sont pas identiques. Elles proviennent vraisemblablement d'un facies de variation de cette diorite.

	1.	2.	3.	4.
SiO^2	76,78	81,30	74,08	73,68
Al^2O^3	13,09	10,68	12.73	16,09
Fe^2O^3	0,37	0,25	0,36	0,49
FeO	1,74	0,54	1,85	0,86
MnO	0,08	tr.	0,12	0,14
MgO	0,28	tr.	1,11	0,14
CaO	0,58	0,22	3,82	1,78
Na^2O	2,78	4,74	4,09	3,78
K^2O	3,06	1,55	1,05	1,66
TiO^2	0,09	0,07	0,06	0,05
P^2O^5	néant	néant	néant	tr.
H^2O +	0,74	0,64	0,78	1,11
» —	0,29	0,34	0,41	0,21
	99,88	100,33	100,46	99,99

1. Granite alcalin à fine structure graphique I.3.1(2).3'. Pont de la Feuillie. — 2. Granite alcalin écrasé. I.3.1.4' La Grurie. — 3. Granite écrasé. I'.3(4).(2)(3).4' La Sourcinière. — 4. Granite écrasé 1.3.2.4 Château Lamare.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques faits relatifs aux formations néogènes et quaternaires des environs d'Antsirabe (Madagascar).* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Néogène n'a été signalé, à Madagascar, que sous la forme de calcaires marins étroitement localisés vers les extrémités nord et sud de l'île. Du Quaternaire, on connaissait déjà des dépôts coralligènes, des calcaires à

faune terrestre de l'Extrême-Sud, enfin des alluvions fluviatiles ou lacustres. Aussi avons-nous été très surpris, en parcourant la région centrale de l'île, de constater, au kilomètre 120 de la route de Tananarive à Antsirabe, qu'une puissante série d'argiles, de sables et de grès, comblant les dépressions du massif cristallin, avait été *plissée*. Ces assises, dans lesquelles nous n'avons pas trouvé de fossiles, affectent les facies habituels, caractéristiques des sédiments accumulés dans les cuvettes lacustres. Leur allure tectonique témoigne des compressions latérales qui se sont exercées sur eux depuis leur formation : ils offrent ces plissotements propres aux compartiments de l'écorce terrestre compris entre de grandes cassures. Des strates ayant ainsi subi des poussées tangentielles considérables ne sauraient être attribuées au Quaternaire, et la moindre ancienneté qu'on puisse leur assigner est un *âge néogène*.

D'ailleurs, les données fournies par la topographie confirment pleinement cette manière de voir. Non loin du point kilométrique précité, à Ampetsapetsa, nous avons reconnu qu'une assez large dépression entaillée dans les terrains cristallins avait le modelé d'un ancien grand lac à fond encore à peu près plan. La partie la plus déprimée, qui se présente comme une seconde surface plane, d'altitude un peu inférieure à celle de l'ensemble, indique la persistance, jusqu'à une époque assez peu éloignée de la nôtre, d'un petit lac encaissé dans les dépôts antérieurs et dont le fond a été, à son tour, découpé par le réseau hydrographique actuel. Le grand lac remonte sans doute à la période néogène et le petit au Quaternaire. Des griffons de sources riches en carbonate de chaux ont déposé en abondance, autour de leurs points d'émergence, du calcaire qui enrobe des ossements de Vertébrés, notamment d'*Hippopotamus madagascariensis* Guldberg. Ces restes fossiles ne s'observent d'ailleurs qu'à une faible profondeur dans le sous-sol, où l'on va chercher le calcaire pour la fabrication de la chaux. Certains de ces griffons subsistent d'ailleurs encore et les tufs à Hippopotames sont recouverts, autour de chaque griffon actuel, par des dépôts récents de carbonate de chaux, de facies un peu différent de ceux renfermant des ossements fossiles. Il semble donc qu'à Ampetsapetsa la formation fossilifère remonte au Quaternaire et se lie à la dernière phase lacustre envisagée ci-dessus; les conditions stratigraphiques n'éveillent nullement ici l'idée d'un gisement de « *subfossiles* ».

A Antsirabe même, les dépôts où ont été trouvés les premiers représentants de la faune des Mammifères éteints de Madagascar correspondent à une surface topographique qui entaille les alluvions grossières de la colline

portant le nouvel hôtel, alluvions qui sont certainement très antérieures à la formation à ossements. Dans cette localité encore, l'histoire des périodes géologiques récentes comporte donc plusieurs cycles morphogéniques, dont l'un au moins témoigne déjà d'une certaine ancienneté. Ces alluvions grossières d'Antsirabe, que recouvrent les plus récentes coulées basaltiques du Vohidronono ou Vohitra, ont été traversées sur 28^m d'épaisseur par les sondages qui, récemment effectués pour le captage des eaux thermales, ont atteint finalement les gneiss du substratum de la cuvette.

L'exploitation d'autunite, que possède le Syndicat Lyonnais au sud d'Antsirabe, à Vinaninkarena, permet d'étudier dans d'excellentes conditions le prolongement, à 45^{km} vers le Sud, des dépôts néogènes du kilomètre 120 décrits précédemment. Cette mine montre une superbe coupe de ces formations lacustres tertiaires sur environ 80^m de hauteur : on y observe de multiples alternances de calcaires marneux blancs, de marnes bleues, de sables grossiers, de lignite, enfin de silice très fine. L'autunite, qui forme des filets s'insinuant dans les marnes à lignites (1), provient vraisemblablement d'une remise en mouvement secondaire de l'urane existant dans la bétafite des pegmatites du voisinage.

A la partie supérieure de l'exploitation d'autunite, s'observe une latérite de transport en rapport avec les phénomènes volcaniques ultimes de la région. Les rizières des environs de Vinaninkarena sont établies dans les thalwegs du Manandona et de ses affluents. La vallée de ce cours d'eau, qui entaille nettement la série néogène, offre elle-même plusieurs gradins d'érosion sur ses flancs, correspondant sans doute aux phases successives du travail des rivières quaternaires.

En attendant que des découvertes paléontologiques permettent de préciser la chronologie de toute cette série des dépôts continentaux de la région d'Antsirabe, on peut distinguer la succession ci-après : 1° système des calcaires marneux, marnes, sables et lignites (lacustre ancien) (km 120 et Vinaninkarena), attribué au moins provisoirement au Néogène ; 2° système des alluvions grossières (Antsirabe) et des dépôts lacustres moyens, classé momentanément dans le Quaternaire ancien; 3° système des derniers dépôts lacustres avec tufs calcaires fortement durcis à ossements d'Hippopotames (Ampetsapetsa), considéré comme remontant au Quaternaire moyen; 4° système des tufs tendres et des alluvions, liées au réseau des

(1) L'autunite de ce gisement figure, dans les ouvrages classiques, comme associée à une tourbe récente.

cours d'eau actuels, datant incontestablement du Quaternaire récent. D'après ces données nouvelles, on voit que l'histoire géologique de Madagascar comporte, comme celle de l'Afrique, une phase tectonique néogène et quaternaire où se sont produits de grands affaissements longitudinaux subméridiens; dans les fossés qui ont ainsi pris naissance se sont établis des lacs qui ont subsisté jusqu'à une époque plus ou moins proche de la nôtre. La migration des Hippopotames à facies africain, les uns plus archaïques qu'*Hippopotamus amphibius*, les autres identiques à cette espèce, à la fois pliocène, quaternaire et actuelle, s'accordent bien avec l'établissement, sur les plateaux du centre de l'île, au cours des temps néogènes, de vastes nappes d'eau, dont le lac Alaotra est un dernier témoignage. Au fur et à mesure de la réduction des étendues lacustres, ces grands Pachydermes, ne trouvant plus les conditions éthologiques qu'ils recherchaient, ont diminué de nombre jusqu'au moment, sans doute assez peu éloigné de nous, de leur complète extinction.

GÉOLOGIE. — *Relations entre les massifs du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges*. Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Nous avons montré précédemment que le Cristallin de Tête Rousse disparaît sous le synclinal complexe de Chamonix, qui sépare, sur toute leur longueur, les deux massifs cristallins du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges. Les deux faisceaux du Brévent et de Tête Rousse, formés, comme on l'a vu, de zones absolument semblables, nous paraissent être, quoique séparés par la vallée de Chamonix, les deux tronçons d'un seul et même ensemble.

Ici intervient la question des directions des zones étudiées, question aussi importante que délicate, car le Cristallin des Aiguilles Rouges et du Mont Blanc a subi plusieurs plissements entre-croisés. Ses couches ont été plissées, au moins à trois reprises, dans des directions différentes. Une observation isolée ne peut donner une idée suffisante de la direction générale des couches dans une telle région. Il faut pour cela un grand nombre d'observations et surtout des observations sur l'allure de zones entières pétrographiquement déterminées.

On sait depuis longtemps que les couches de la partie sud-ouest des Aiguilles Rouges ne sont pas parallèles à la zone de Chamonix. La direc-

tion des couches à l'ouest du Brévent est sensiblement N-S; à l'est elle devient même N 10° W à N 15° W, tandis que la direction moyenne du synclinal complexe de Chamonix est NE-SW. Le plongement des couches, dans les environs du Brévent, est à peu près 85° E. Ce croisement des plis hercyniens du massif des Aiguilles Rouges avec les plis alpins peut être observé sur toute la longueur du massif des Aiguilles Rouges. L'un de nous a démontré que les axes des plis complexes du massif de l'Arpille (à l'extrémité nord-est du massif des Aiguilles Rouges) sont dirigés N 30° E. Récemment encore, E. Poldini, élève de M. Lugeon, nous a communiqué que, dans la région de ses recherches (soubassement cristallin de la Dent de Morcles), il a constaté également que les plis hercyniens coupent obliquement le synclinal de Chamonix.

D'autre part, dans le massif du Mont Blanc, la direction des couches des schistes cristallins n'a pas suffisamment attiré l'attention des observateurs. On s'est contenté de constater qu'il n'y avait pas de discordance manifeste entre ces schistes et le Mésozoïque de la zone de Chamonix, et que le contact de la protogine avec les schistes cristallins est parallèle à la vallée de Chamonix.

Une étude attentive nous a révélé que, sur le flanc nord-ouest du Mont Blanc, les couches des schistes cristallins plongent de 45° à 65° à l'ESE (le plus souvent de 55° à 60°) et que leur direction (en considérant tout particulièrement les zones étudiées) est *en moyenne* N 20° à 30° E. Peut-on arriver, dès lors, à relier, à travers la vallée de Chamonix, les ensembles parfaitement analogues dont nous avons constaté l'existence dans les deux massifs. C'est chose possible en tenant compte de la tectonique tertiaire, qui a séparé ces deux massifs cristallins.

Leurs rôles ont été très différents pendant le mouvement alpin. Les Aiguilles Rouges ont faiblement participé à la translation des ondes orogéniques venues du sud-est. Elles ont formé un obstacle rigide, par-dessus lequel ont passé les plis couchés des terrains sédimentaires. Au contraire, les schistes cristallins du Mont Blanc, avec leur couverture sédimentaire autochtone, ont été renversés et couchés sur les roches du synclinal complexe de Chamonix. Le mouvement de ces schistes cristallins a été en outre compliqué d'une foule de détails, tels que failles, glissements réciproques de couches, etc. Mais, abstraction faite de ceux-ci (quelque grande que soit leur importance), on peut se représenter le mouvement des schistes cristallins du Mont Blanc (avec le Sédimentaire autochtone) comme une rotation autour d'un axe, dont la direction se confond avec la direction de la vallée

de Chamonix. Cette rotation atteint 115° à 135° pour le Sédimentaire; elle est fortement atténuée en ampleur dans les schistes cristallins, grâce aux failles et aux glissements réciproques des couches. Ces déplacements et cette rotation des schistes cristallins du Mont Blanc ont eu pour résultat, entre autres, le changement de direction de couches et de zones entières.

La nature des mouvements, qui ont amené les roches anciennes de cette région dans leur position actuelle, est trop compliquée pour qu'on puisse l'exprimer en formules mathématiques, néanmoins le résultat *approximatif* auquel on arrive en étudiant les mouvements possibles des schistes cristallins du Mont Blanc est le suivant :

Si, avant le plissement alpin, il y avait, dans ces schistes, des zones dirigées N-S, lenr position a dû être changée en ENE-WSW par le plissement que catactérise l'axe dirigé NE-SW. Et, de fait, on a vu que le « complexe » de Tête Rousse suit la direction N 20° à 30° E. Dans la vallée de Chamonix il croise (virtuellement) son analogue, le « complexe » du Brévent.

Ainsi, *ces deux « complexes », celui du Brévent et celui de Tête Rousse, ne sont que deux tronçons d'une seule et même zone, comprenant le massif du Mont Blanc et le massif des Aiguilles Rouges.*

Le parallélisme des deux massifs avec les plis alpins est le résultat d'actions tardives qui se sont développées pendant le Tertiaire. Le Mont Blanc a été poussé vers l'extérieur de la chaîne par ces mouvements, alors que les Aiguilles Rouges, rigides, se sont surélevées sur elles-mêmes.

GÉOLOGIE. — *Une hypothèse sur la formation de l'Adriatique.*
Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai montré précédemment (¹) que l'Albanie littorale avait subi depuis l'Oligocène un mouvement de plissement qui se continue encore de nos jours; les plis se forment toujours plus près de l'Adriatique actuelle, et surgissent en quelque sorte de la mer. Dans cette région, celle-ci perd sans cesse du terrain.

A première vue, il en est tout autrement de la côte dalmate, rocheuse, bordée de très nombreuses îles allongées dans le sens du plissement. Jusqu'à présent, elle a toujours été considérée comme le type d'une côte en voie d'affaissement.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 953 et 1086.

Stache et surtout Suess ont émis l'hypothèse qu'à l'emplacement de l'Adriatique actuelle se trouvait, pendant l'époque néogène, un grand continent : l'Adriatide, qui s'est effondré et a été recouvert par la mer à la fin du Quaternaire. Au contraire, en 1905, C. de Stefani publiait un important Mémoire (1) dans lequel, résumant tous les travaux sratigraphiques parus depuis la publication de la « Face de la Terre » et ses propres observations, il concluait que la conformité de facies entre les dépôts des deux rives de l'Adriatique indique qu'ils n'ont pu être déposés que par la même mer. Les travaux de Dal Piaz, de De Toni et les miens, en Albanie, ont apporté de nouveaux arguments en faveur de la thèse de l'éminent géologue florentin.

Depuis le Carbonifère jusqu'au Crétacé, la région adriatique faisait partie d'un géosynclinal dont l'axe se trouvait à l'Est de celui de la mer actuelle. Du Crétacé à nos jours, la mer s'est sans cesse rétrécie, et les sédiments qu'elle a déposés, bien que très épais, ont toujours un caractère néritique. Au Pliocène, l'Adriatique s'étendait encore jusqu'à Turin; au Quaternaire la disposition des glaciers, qui existent sur sa rive orientale jusqu'au Péloponèse, montre que ses limites n'ont guère varié depuis cette époque.

Dans un nouveau Mémoire (2) De Stefani a encore précisé ses idées et accentué la critique qu'il donnait des preuves citées par Suess à l'appui d'un effondrement récent et continu de l'Adriatide : distribution de la flore et de la faune, brèches à ossements des îles dalmates, sables granitiques des îles du Quarnero, monuments romains submergés. Il conclut que la côte dalmate est restée stable depuis l'époque pliocène, ou, qu'en certains points, elle a même subi un mouvement de surrection.

J'ai cherché à me rendre compte, l'été dernier, si un mouvement de surrection pouvait expliquer les formes des îles dalmates : anticlinaux séparés par des *canali* synclinaux. Cette hypothèse permettrait, en effet, d'expliquer le comblement de ces canaux, comme à Pago, ou leur fermeture par des cordons littoraux, ainsi que l'opposition entre le profil *écrasé*, uniquement dû à la corrosion, des îles les plus basses, et des formes plus aiguës des îles plus élevées où agit déjà l'érosion.

Pourtant une pareille hypothèse ne peut expliquer l'invasion de la mer

---

(1) C. De Stefani, *Géotectonique des deux versants de l'Adriatique* (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 17, p. 193 à 278, Liége 1906).

(2) C. De Stefani, *I due versanti dell' Adriatico* (*Atti dell' VIII Congresso geografico italiano*, vol. 2, p. 76-106, Florence, 1923).

profondément à l'intérieur des côtes, comme dans l'estuaire de la Kerka ou dans la « mer de Novigrad ». J'ai donc cherché à me rendre compte si l'hypothèse que j'avais émise pour expliquer la structure de l'Albanie occidentale ne pouvait s'appliquer à ces deux cas paradoxaux et les relier aux faits observés par De Stefani.

La structure de la zone littorale dalmate est analogue à celle de l'Albanie occidentale. Les plis sont très resserrés et déjetés vers l'Adriatique; les chevauchements dans cette direction sont fréquents et font pendant à ceux de l'Apennin qui se font à leur rencontre. Un sillon oligocène, analogue aux sillons miocènes de l'Albanie, celui du Monte Promina, s'allonge de Novigrad à Derniš. Le continent, émergé au moins dès le début du Néogène, présente aussi des traces indiscutables de soulèvement : la vallée transversale de la Kerka supérieure et surtout le cañon de la Narenta ne peuvent s'expliquer que si celui-ci a subi un mouvement d'exhaussement.

La Kerka inférieure et la Zermanja ont des vallées singulières, en zigzag, formées d'une série de lacs allongés dans les synclinaux, réunis entre eux par des cluses profondes. Par exemple, entre Babingrad et Predelić, la vallée de la Kerka s'étale sur 1^{km} de largeur, formant un lac dans le synclinal. Une dépression analogue existe, entre Scardona et Sebenico, donnant naissance au lac Prokljan.

Ces dépressions se sont formées au Pliocène inférieur, et résultent, en quelque sorte, d'une suite posthume du mouvement qui a donné lieu au plissement général et s'est poursuivi pendant le Miocène comme le montrent les dépôts lacustres des *polje*. C'est un phénomène rare, peut-être unique, d'*ennoyage lacustre* de 30 à 40^{m} de profondeur.

La « mer de Novigrad », où se jette la Zermanja, montre une disposition analogue : deux lacs envahis par la mer et réunis l'un à l'autre et au Canale della Montagna par des cluses profondes d'origine certainement fluviale.

Ces deux accidents sont localisés dans des synclinaux secondaires du sillon du Monte Promina. Par contre, la région de Zara à Sebenico a été le siège de mouvements de surrection, et le lac de Vrana, situé à 2^{km} de la mer, ne communique plus avec celle-ci. Quant à la profonde dépression de la rade de Sebenico, elle est exactement en prolongement de la fosse étroite, transversale, de l'Adriatique et symétrique de l'abaissement d'axe du pli anticlinal qui joint le Monte Gargano au Monte Conero d'Ancône.

La disposition si particulière des côtes dalmates ne peut donc s'expliquer entièrement par un mouvement général ni de surrection, ni d'affaissement. Je propose donc, comme *hypothèse de travail*, d'admettre que l'Adriatique s'est rétrécie sous l'influence d'un plissement qui dure encore aujourd'hui,

comme le montrent les tremblements de terre de Raguse au XVIIe siècle ou ceux très récents de Sinj, liés aux dépressions synclinales. Les mouvements, dirigés en sens inverse dans les Dinarides et dans l'Apennin, ont eu comme résultante le soulèvement d'anticlinaux du fond de la mer, qui s'est accompagné de l'affaissement relatif des synclinaux. Le résultat final serait une surrection très lente de tout le continent qui peut être masquée sur les côtes par les effets de l'érosion marine. Il ne m'est pas possible de donner actuellement plus de preuves à l'appui de cette hypothèse; j'estime pourtant qu'elle seule permet de relier tous les faits observés et qu'elle peut servir de guide pour de nouvelles recherches que j'espère pouvoir entreprendre dans le bassin de l'Adriatique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles observations sur l'anomalie magnétique de Koursk (Russie Centrale).* Note de M. P. **Lasareff**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai déjà signalé dans deux Notes antérieures [1] les principaux résultats des travaux exécutés par la *Commission de l'anomalie magnétique de Koursk* de 1919 à 1922; j'indiquerai dans la présente Note les résultats récents obtenus à la suite des derniers travaux effectués en 1923 et au début de 1924.

Les travaux de la section magnétique de la Commission, au cours de l'été 1923, ont montré que, au sud de la bande anomale décrite dans mes Communications précédentes, il en existe une seconde, parallèle à la première, dont l'anomalie est plus faible et dont les limites sont moins précises. Cette bande anomale passe par les villages de Kotschetovka et Nepkchajevo, où l'anomalie avait été déjà découverte par les recherches antérieures. La composante verticale Z varie dans les districts de Belgorod et Obojan de 0,50 à 0,72 unité C. G. S.

La largeur de cette bande anomale méridionale, qui atteint 30^{km}, est la même que celle de la bande septentrionale, mais l'aspect des isolignes des éléments magnétiques D, H et Z est différent. Les tracés de celles de la bande septentrionale sont, en effet, des lignes grossièrement parallèles, enserrant parfois des courbes fermées très allongées, disposées en une file régulière qui limitent des régions de valeurs maximales ou minimales [2]. Par contre, dans la bande méridionale, les domaines des isolignes fermées sont

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1232; t. 178, 1924, p. 510.

[2] P. Lasareff, *L'anomalie magnétique dans le gouvernement de Koursk* (*Annexe aux procès-verbaux de l'Académie des Sciences de Russie*, 1921). Ce mémoire français contient des cartes isolignes de D, H et Z pour la région septentrionale.

moins allongés et disposés irrégulièrement les uns à côté des autres. Il en résulte que, en recoupant normalement les isolignes de Z, on rencontre souvent plusieurs maxima ou minima, alors que dans la bande septentrionale il existe presque partout un seul maximum, correspondant à la ligne axiale. Les valeurs de D, H et Z ont été observées en 4000 stations environ.

Les calculs effectués ont permis d'établir les cartes de potentiel de la composante horizontale, ainsi qu'un contrôle rigoureux du levé magnétique. On a pu, en outre, en déduire la certitude d'une indépendance complète entre les courants électriques de l'atmosphère et l'anomalie magnétique de Koursk.

Enfin des forages profonds, au nombre de onze, ont été exécutés suivant des directions à peu près normales à la ligne axiale. Les plus profonds sont situés sur une ligne coupant la ligne axiale au point B (¹).

Le forage, correspondant au point B même, a atteint la profondeur de 447^{m}; les couches de quarzites à magnétite y ont été rencontrées à partir de 154^{m} et jusqu'à la profondeur de 407^{m}; l'ensemble présentant par conséquent une épaisseur de 253^{m}. Entre 407 à 416^{m} ont été trouvés des chloritoschistes et, au-dessous, des granitogneiss, qui forment le soubassement des couches ferrifères.

L'emplacement de ce forage B correspond à la partie de ces couches de quarzites et de magnétite la plus rapprochée de la surface du sol.

A une distance d'environ 200^{m} de là (point N2), vers l'Est, en un point maximum de gravité, la profondeur à laquelle on rencontre les mêmes couches est de 313^{m}; tandis que, en un point situé à une distance de 70^{m} environ vers l'Ouest (point N6), la profondeur de la couche ferrifère n'est que de 158^{m}. La surface supérieure du gîte ferrugineux montre donc un abaissement rapide vers l'Est et reste presque parallèle à l'horizon vers l'Ouest. Mais ce forage N6 poussé jusqu'à la profondeur de 290^{m} n'a coupé les couches ferrifères que jusqu'à la profondeur de 261^{m}. Le forage N2 poussé à 443^{m} n'a pas encore atteint la base de couches ferrifères (29 mars 1914).

La représentation graphique de ces résultats montre que le gîte ferrifère représente une fraction de cylindre, à section elliptique allongée, dont le grand axe forme avec l'horizon un angle d'environ 50°-60°.

(¹) Voir la figure 1 dans ma Note des *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 511.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le rayonnement de l'atmosphère.* Note de M. A. **Boutaric**, transmise par M. Daniel Berthelot.

1. On appelle intensité du rayonnement nocturne l'énergie que perd par minute 1^{cm^2} d'une surface noire horizontale, exposée à l'air libre, pendant la nuit, et dont la température est celle de l'air ambiant. Ce rayonnement r apparaît comme la différence entre l'émission thermique σT^4 de l'élément de surface noire supposé à la température absolue T de l'air ambiant et le rayonnement compensateur ϖ apporté par l'atmosphère

$$r = \sigma T^4 - \varpi.$$

Pour se conformer aux conditions des mesures, on suppose, dans la définition du rayonnement nocturne, que la température T de la surface rayonnante est celle de l'air avoisinant. Si la surface noire était maintenue à une température arbitraire quelconque T', la perte d'énergie par unité de temps : $r' = \sigma T'^4 - \varpi$ serait essentiellement variable avec T'. Seul le terme ϖ dépend uniquement des conditions météorologiques.

2. On peut calculer le rayonnement ϖ envoyé par l'atmosphère sur 1^{cm^2} du sol, à partir des valeurs observées pour r et pour T, par la formule

$$\varpi = \sigma T^4 - r.$$

Ce rayonnement dépend des conditions météorologiques.

Il est beaucoup plus grand par temps couvert que par temps clair. Il est principalement déterminé par la température de l'air et par la pression f de la vapeur d'eau au voisinage du sol : c'est une fonction croissante de ces deux variables, sensiblement indépendante de la date et du lieu d'observation.

En un même lieu, la pression de la vapeur d'eau et la température étant plus grandes l'été que l'hiver, il en est de même pour les valeurs moyennes de ϖ. A une même époque de l'année, les valeurs de la température et de la pression de la vapeur d'eau allant en diminuant quand l'altitude augmente, il en est de même de ϖ.

Les conclusions précédentes résultent des nombres consignés dans le tableau suivant, qui représentent les moyennes des observations faites par Kimball [1] au mont Weather (540^m), par Angström [2] à Bassour,

---

[1] H. H. Kimball, *Monthly Weather Review*, t. 46, 1918, p. 57.

[2] A. Angström, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, t. 65, n° 3.

Algérie (1160m) et au mont Whitney (4420m) et par moi [1] à Montpellier, au Pic du Midi (2859m) et au mont Blanc (4350m).

Lieu.	Date.	r.	T.	f.	w.	θ.	T — θ.
Montpellier.	Mai 1914.......	0,149	291	8,4	0,4045	269,3	21,7
»	Juin 1914......	0,147	297	10,7	0,4497	276,6	20,4
»	Novembre 1914.	0,136	282,6	6,7	0,3539	260,5	22,1
»	Décembre 1914.	0,138	278,6	5,1	0,3287	254,85	23,75
»	Janvier 1915....	0,136	274,2	3,6	0,2979	249,6	24,6
Pic du Midi.	Août 1919......	0,153	281,9	3,3	0,3304	256,1	25,8
Mont Blanc.	Août 1921......	0,165	271	2,3	0,2527	239,5	31,5
Mont Weather.	Juin 1918......	0,191	292,4	10,2	0,3405	263,4	29
»	Juillet 1918....	0,148	290,8	10,5	0,4010	268,8	22
»	Août 1918......	0,141	295,2	8,95	0,4345	274,61	20,6
»	Septembre 1918.	0,149	290	8,3	0,3946	268,4	21,6
Bassour.	Juillet 1912....	0,160	293,8	7,6	0,4049	269,3	24,5
»	Août 1912......	0,174	294,6	7,9	0,4033	269,15	25,45
»	Septembre 1912.	0,182	289,3	6,15	0,3564	261	28,3
Mont Whitney.	Août 1913......	0,181	271,9	2,4	0,2368	235,6	36,3

En un même lieu, le rayonnement de l'atmosphère varie assez régulièrement aux divers mois de l'année; il est notablement plus grand l'été que l'hiver. A une même époque de l'année, il décroît quand l'altitude augmente [2]. On n'observe sur le rayonnement nocturne r aucune de ces variations régulières.

3. La septième colonne du tableau donne les valeurs de θ, calculées d'après la relation : $\sigma\theta^4 = w$, qui représente ce qu'on peut appeler la température efficace de l'atmosphère ; c'est la température que devrait avoir une enceinte noire entourant la terre pour envoyer vers celle-ci le même rayonnement que l'atmosphère. Les variations de θ sont parallèles à celles de w.

Les valeurs de T — θ sont généralement comprises entre 20° et 30°; elles augmentent avec l'altitude et, en un même lieu, semblent légèrement plus fortes l'hiver que l'été.

---

(1) A. Boutaric, *Annales de Physique*, 9e série, t. **10**, 1918, p. 100; t. **17**, 1919, p. 54.

(2) Le rayonnement de l'atmosphère allant en diminuant quand l'altitude augmente, la perte d'énergie éprouvée par unité de temps *pour des surfaces noires de même température*, sera plus grande aux altitudes élevées qu'au niveau de la mer. C'est ce que traduit l'opinion courante sur la forte intensité du rayonnement nocturne aux altitudes élevées.

BOTANIQUE. — *Dichotomie foliaire chez le Gui* (Viscum album *L.*). Note de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

Une anomalie morphologique isolée peut, en général, prêter à plusieurs interprétations, plus ou moins contradictoires, mais également plausibles. Cependant, lorsqu'on découvre une série continue de termes qui la relient à la forme normale, l'une des interprétations peut s'imposer à l'exclusion des autres. C'est un cas de ce genre qui fait l'objet de la présente Note.

L'existence de feuilles verticillées a été signalée comme une disposition tératologique assez fréquente chez le Gui (¹), dont les feuilles sont normalement opposées.

J'ai eu récemment l'occasion d'observer un pied mâle présentant de telles anomalies; une étude attentive m'a permis d'y trouver assez de stades intermédiaires entre la disposition typique et la disposition tératologique pour justifier l'interprétation suivante de celle-ci; il s'agit d'une dichotomie foliaire, dont les stades ultimes sont, d'une part, la ramification dichotome du sommet de la nervure médiane d'une feuille et, d'autre part, la séparation totale d'une feuille en deux autres par ramification dichotome très précoce de sa première ébauche. Quand une seule des deux feuilles opposées se montre ainsi dichotome, il en résulte finalement un verticille trimère; si les deux feuilles se bifurquent, le verticille tend à devenir tétramère.

La dichotomie affecte souvent le bourgeon axillaire. Celui-ci peut être encore simple alors que la feuille axillante est fendue jusqu'à sa base; inversement, il peut être déjà dédoublé alors que la dichotomie de la feuille est encore peu accusée; quand la feuille et le bourgeon se dédoublent simultanément, les deux feuilles qui résultent de la ramification paraissent alors totalement indépendantes à l'état adulte.

Schönland (²), qui a étudié surtout des fleurs anormales, à périanthe pourvu de pièces en surnombre, conclut de l'existence d'intermédiaires entre sépales légèrement échancrés au sommet et sépales fendus jusqu'à la base, qu'il s'agit là d'un accroissement numérique par division des pièces normales. Dans un cas seulement, il a noté des phénomènes analogues pour

---

(¹) O. Penzig, *Pflanzen-Teratologie*, t. 2, 1894, p. 278.

(²) S. Schönland, *Contributions to the morphology of the Mistletoe* (Viscum album *L.*) (*Ann. of Bot.*, t. 2, 1888, p. 283, pl. XVII).

les feuilles végétatives : dans un verticille d'apparence trimère, une feuille était échancrée au sommet, les deux autres étaient axillantes d'un même bourgeon, opposé à celui de la première feuille. Le même auteur signale que l'augmentation du nombre des feuilles végétatives semble en général plus fréquente dans les plantes mâles.

Ch. Guérin [1], qui a observé de nombreux cas tératologiques de ce genre, lui aussi surtout sur des pieds mâles, en a offert des échantillons au Laboratoire de botanique de la Faculté des Sciences de Caen. Les figures ci-dessous ont été dessinées tant d'après les exemplaires que j'ai personnellement récoltés que d'après ceux de la collection Ch. Guérin.

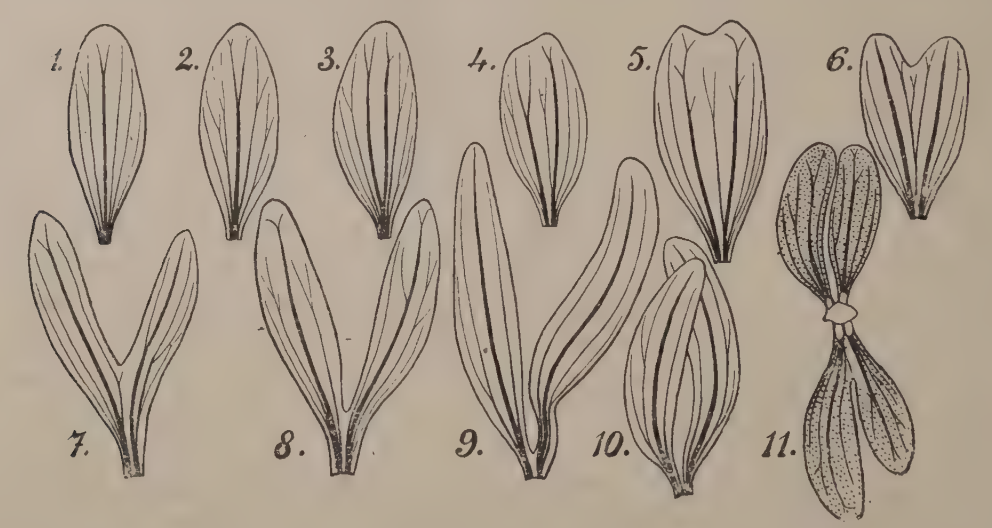


Fig. 1 à 11. — *Viscum album* L. — Nervation principale de feuilles anormales, en demi-grandeur naturelle. Dichotomie de la nervure médiane : vers le quart supérieur du limbe (1); vers le tiers supérieur (2); vers le quart inférieur (3); à la base de la feuille (4 à 11). Élargissement du sommet du limbe (4); échancrure légère (5); échancrure : jusque vers le quart (6); jusque vers les deux tiers (7); jusque vers les trois quarts (8); presque jusqu'à la base (9); jusqu'à la base (10). Fig. 11 : une des feuilles est échancrée jusqu'aux deux tiers du limbe, l'autre complètement dédoublée. (Fig. 5 et 7 à 11, d'après les échantillons de Ch. Guérin.)

J'ai déjà [2], à maintes reprises, insisté sur l'intérêt théorique de la ramification foliaire dichotome, considérée comme un vestige de l'origine méri-

---

(1) Ch. Guérin, *Notes sur quelques particularités de l'histoire naturelle du Gui* (Viscum album) (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, 4e série, t. 6, 1892, p. 183).

(2) P. Bugnon, *Sur les homologies foliaires chez les plantes à graines* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 70, 1923, p. 732). Voir dans cette Note la bibliographie de mes publications relative à la question.

phytaire des feuilles, selon la conception de Lignier ([1]). J'ai montré notamment, à propos de la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.), dont les cotylédons m'ont offert une série de stades en tous points comparables à ceux des feuilles du Gui, que la dichotomie foliaire permettait d'expliquer non seulement la polycotylédonie, mais encore l'organisation libéroligneuse du cotylédon des Monocotylédones. J'ai soutenu récemment (*loc. cit.*), contre l'opinion de P. Vuillemin, que les feuilles végétatives des Angiospermes étaient, aussi bien que leurs feuilles cotylédonaires, d'origine mériphytaire : les faits exposés à propos du Gui dans la présente Note viennent directement à l'appui de cette manière de voir.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Linacées. Développement de l'embryon chez le* Linum catharticum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Par bipartition des deux éléments du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se forme, chez le *Linum catharticum*, une tétrade de quatre cellules superposées, *l*, *l'*, *m*, *ci*. L'élément du sommet, *l*, se divise toujours verticalement (*fig.* 4 à 16) et l'élément inférieur, *ci*, toujours transversalement (*fig.* 9 à 21). L'élément *l'* se sépare par une cloison qui peut être longitudinale (*fig.* 5, 6, 10, 13, 14, 16, 17), transversale (*fig.* 7, 8, 9, 12, 15, 18, 20, 22) ou oblique (*fig.* 11). L'élément *m* se cloisonne le plus souvent transversalement (*fig.* 11), quelquefois longitudinalement (*fig.* 13). Ces variations dans les directions des divisions des deux éléments médians de la tétrade font apparaître trois types de proembryons octocellulaires : l'un

---

([1]) L'adhésion récente de Bower (*The Ferns*, t. 1, 1923, p. 340) à cette conception, au moins en ce qui concerne les Filicales, mérite d'être signalée. Bower en avait d'ailleurs entrevu la possibilité logique dès 1884; mais c'est seulement la découverte des Psilophytales qui l'a conduit à voir, dans la théorie de Lignier, plus qu'une ingénieuse interprétation des faits.

Velenovsky (*Vergl. Morphol. der Pfl.*, 1905-1913), qui regardait dès 1905 (*loc. cit.*, t. 1, p. 207) la dichotomie anormale des feuilles chez les Fougères comme un phénomène d'atavisme, se refusait alors à étendre la même interprétation aux Phanérogames : « Diese Erscheinung kommt bei keiner Phanerogame vor, denn die abnorm geteilten Blätter und Kotyledonen bei den Dicotylen haben eine andere Bedeutung. » Mais, depuis, il semble avoir changé d'avis, puisqu'il a écrit (*loc. cit.*, t. 4, 1913, p. 58), à propos des feuilles anormalement bifides chez les Phanérogames : « Im wesentlichen lässt sich diese Blatteilung nur als ein Reminiszenz an kryptogamische Dichotomie auffassen. »

présentant cinq (*fig.* 13), le deuxième six (*fig.* 14), le troisième sept étages cellulaires (*fig.* 15). C'est ce dernier que l'on rencontre incontestablement de la manière la plus générale.

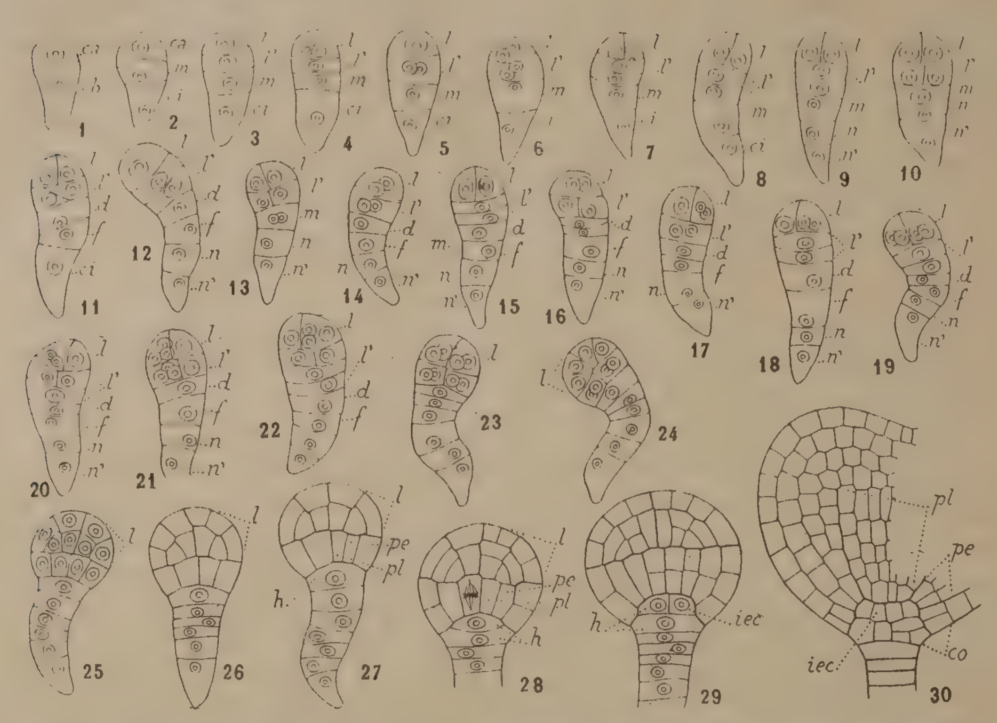


Fig. 1 à 30. — *Linum catharticum* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *h*, hypophyse; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *co*, coiffe. G. = 420.

Toutes les formes proembryonnaires que l'on observe ultérieurement viennent se rattacher à l'un quelconque de ces trois types de proembryons octocellulaires. Par exemple, les formes représentées en 17, 19, 20, 22 dérivent naturellement du proembryon octocellulaire à sept étages; les formes figurées en 16, 18, 21 s'interprètent le plus aisément en partant du proembryon octocellulaire à six étages. A des stades plus avancés (*fig.* 23), quand il s'est constitué quatre cellules circumaxiales aux dépens de l'élément primitif *l* ou de sa cellule-fille supérieure, et quand il s'est différencié une file de six éléments aux dépens des cellules proembryonnaires les plus inférieures, il n'est pas possible de reconnaître avec certitude l'origine des nouveaux éléments qui ont pris naissance dans la région médiane du proembryon.

On peut voir que, de toutes façons, l'étage *l* engendre la partie cotylée. Les quatre éléments dont il se compose, aux stades des figures 22 et 23, se segmentent obliquement (*fig.* 24) et se multiplient très vraisemblablement selon des processus analogues à

ceux qui ont été décrits au sujet de l'*Urtica pilulifera* [1]. Les destinées des deux éléments l' et m de la tétrade sont variables. Dans le cas, le plus général, du proembryon octocellulaire à sept étages, l'élément l' s'est divisé en deux cellules superposées, dont l'une engendre l'hypocotyle, tandis que l'autre, placée au-dessous, se sépare de nouveau par une paroi horizontale pour donner supérieurement une cellule hypophysaire semblable à celle qui a été définie au sujet des Crucifères, et, inférieurement, quelques unités du suspenseur proprement dit.

Chez ces mêmes types proembryonnaires, l'élément m de la tétrade, qui s'est également divisé en deux cellules superposées, contribue tout entier, avec sa descendance, à la construction du suspenseur. Dans le cas du proembryon octocellulaire à six étages (*fig.* 14), l'étage l', composé de deux cellules juxtaposées, donne naissance à l'axe hypocotylé; la cellule-fille supérieure de m (d), après une ou deux autres segmentations transversales, engendre l'hypophyse et la cellule-fille inférieure (f) entre dans la constitution du suspenseur. Enfin, dans le cas le moins fréquent du proembryon octocellulaire à cinq étages (*fig.* 13), l'étage l' donne encore l'axe hypocotylé et l'étage m une hypophyse qui se trouve individualisé de très bonne heure par son mode de cloisonnement, vertical, purement exceptionnel.

Comme cela s'observe le plus généralement, c'est au moment de la séparation des deux histogènes internes que se différencie la cellule hypophysaire (*fig.* 27, 28). Elle se sépare en deux cellules superposées par une cloison en verre de montre venant s'appuyer sur les parois latérales du dermatogène; la cellule supérieure, par deux cloisons cruciales, donne naissance aux quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire, la cellule inférieure engendre la portion médiane de la coiffe.

Les faits que révèle l'étude du développement des formes proembryonnaires, chez le *Linum catharticum*, rappellent de la manière la plus frappante ceux qui ont déjà été observés au sujet des Solanacées [2]. On est obligé de reconnaître que la tétrade, les proembryons hexacellulaires et octocellulaires, et toutes les autres formes qui en dérivent reproduisent identiquement la plupart des formes qui ont été décrites tout particulièrement chez les *Solanum*. Une seule différence, considérable il est vrai, sépare les deux types proembryonnaires; elle réside dans le mode de constitution des initiales de l'écorce au sommet radiculaire et du primordium de la coiffe; chez le *Linum catharticum*, ces deux régions fondamentales du corps procèdent d'une cellule unique, appelée cellule hypophysaire, qui, chez les Solanacées, n'a jamais été observée. Il n'est pas superflu de faire remarquer que, en outre des processus de segmentation des formes proembryonnaires,

---

[1] R. Souèges, *Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, 1921, p. 184).

[2] R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 69, 1922, p. 163, 236, 352, 555).

l'on pourrait encore trouver, entre le *Linum catharticum* et les Solanacées des termes de rapprochement intéressants : 1° dans les phénomènes qui précèdent la formation du sac embryonnaire [1]; 2° dans la résorption précoce du nucelle ; 3° dans les modifications anatomiques que subissent, au cours de la séminogenèse, le tégument ovulaire interne, très épais, qui se développe dans le premier cas et le tégument unique que possède l'ovule dans le deuxième [2].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la véritable nature du glucoside à salicylate de méthyle existant dans l'écorce du* Betula lenta *L.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

En 1894, Schneegans et Gerock [3] ont retiré de l'écorce de *Betula lenta* L. un glucoside fournissant par hydrolyse du salicylate de méthyle. Ils ont appelé ce glucoside gaulthérine. La gaulthérine, pour Schneegans et Gerock, serait formée de l'union d'une molécule de salicylate de méthyle et d'une molécule de glucose avec élimination d'une molécule d'eau, bien que rien dans leur travail ne permette une telle conclusion.

Depuis 1894, il est admis que cette constitution est exacte et l'on trouve dans les Ouvrages sur les glucosides la formule de dédoublement

$$\underset{\text{gaulthérine.}}{C^{14}H^{18}O^{8}} + H^{2}O = \underset{\text{salicylate de méthyle.}}{C^{8}H^{8}O^{3}} + \underset{\text{glucose.}}{C^{6}H^{12}O^{6}}.$$

En 1923, j'ai extrait du *Monotropa Hypopitys* L., à l'état pur et cristallisé, un glucoside à salicylate de méthyle, que j'ai appelé « monotropitine » [4] parce que sa composition ne répondait pas à celle de la gaulthérine. La monotropitine, en dehors du salicylate de méthyle, renferme un mélange de sucres réducteurs formé, vraisemblablement, de glucose et de xylose.

---

(1) L. Guignard, *Recherches sur le développement de la graine et en particulier du tégument séminal* (*Journal de Bot. Morot.*, t. 7, 1893, p. 100).

(2) R. Souèges, *Développement et structure du tégument séminat chez les Solanacées* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, t. 6, 1907, p. 1).

(3) *Ueber Gaultherin, ein neues Glykosid aus* Betula lenta *L.* (*Arch. pharm.*, t. 82, 1894, p. 437).

(4) *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.* (2e Note). *Obtention du glucoside à salicylate de méthyle* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 642).

Comme j'avais des doutes sur l'exactitude de la formule du dédoublement de la gaulthérine, j'ai cherché à me procurer de l'écorce de *Betula lenta* L. pour en extraire le glucoside et vérifier les conclusions de Schneegans et Gerock.

J'ai réussi à trouver, aux États-Unis, à Cincinnati, par l'intermédiaire de M. le Professeur Mathews, une fabrique de produits chimiques « The Wm. S. Merrell Company », qui a bien voulu me préparer, suivant mes indications, un extrait alcoolique d'écorce fraîche de *Betula lenta* L. J'ai reçu cet extrait, provenant de 20^{kg} d'écorce le 19 mars 1924. Il a été traité de la façon suivante :

On l'a débarrassé des substances insolubles dans l'alcool à 95^{c} et dans l'eau, puis on l'a repris par un mélange d'éther acétique et d'alcool à 95^{c} qui a dissous le glucoside. L'extrait obtenu par évaporation de l'éther acétique a été repris par l'eau et déféqué par addition d'extrait de Saturne. Après essorage du précipité, élimination du plomb par un courant d'hydrogène sulfuré et distillation du liquide incolore, sous pression réduite, sans dépasser $+50^{\circ}$, on a obtenu un résidu sirupeux qu'on a repris par l'acétone anhydre. Le glucoside a cristallisé par refroidissement sur amorce de monotropitine du *Monotropa Hypopitys* L.

En partant d'une quantité d'extrait correspondant à 4^{kg} d'écorce fraîche, on a obtenu facilement 8^{g} de monotropitine pure.

La monotropitine extraite du *Betula lenta* L. possède toutes les propriétés de la monotropitine extraite du *Monotropa Hypopitys* L. Elle est rapidement hydrolysée par la poudre fermentaire de *Monotropa Hypopitys* L. Elle donne la réaction des pentoses par l'acide chlorhydrique et l'orcine. Son pouvoir rotatoire et son hydrolyse par l'acide sulfurique à 3 pour 100 viennent encore prouver cette identité.

	Monotropitine du *Betula lenta* L.	Monotropitine du *Monotropa Hypopitys* L.
Pouvoir rotatoire déterminé sur le glucoside anhydre	$\alpha_D = -58^{\circ},11$ (¹)	$\alpha_D = -57^{\circ},05$ (²)
Hydrolyse sulfurique :		
Monotropitine pour 100$^{cm^3}$	0^{g},9775	0^{g},6785
Rotation initiale ($l=2$)	$-1^{\circ}\,7'$	$-46'$
Rotation après hydrolyse	$+30'$	$+18'$
Sucre réducteur formé	0^{g},7177	0^{g},4983
Indice de réduction	444	467
Sucre réducteur pour 100	73,42	73,44

(¹) $p=0,1955$; $v=10$; $l=2$; $\alpha=-2^{\circ}14'$.
(²) $p=0,1578$; $v=10$; $l=2$; $\alpha=-1^{\circ}48'$.

Les chiffres théoriques pour la constitution que j'attribue à la monotropitine (salicylate de méthyle + glucose + xylose) sont 449 pour l'indice de réduction et 73,99 pour 100 de sucre réducteur.

En résumé, le glucoside à salicylate de méthyle de l'écorce de *Betula lenta* L. ne possède pas la constitution de la gaulthérine de Schneegans et Gerock. La gaulthérine n'existe pas dans l'écorce de *Betula lenta* L.

Le glucoside à salicylate de méthyle de cette écorce est identique à la monotropitine que j'ai retirée, en 1923, du *Monotropa Hypopitys* L. et c'est sous le nom de monotropitine qu'il doit être maintenant désigné.

Grâce à la teneur élevée en monotropitine de l'écorce de *Betula lenta* L., je vais pouvoir aborder plus facilement l'étude de ce glucoside. Les plantes indigènes ne m'en avaient fourni jusqu'ici que des quantités bien faibles. J'en avais obtenu $0^{g},20$ par kilogramme avec le *Monotropa Hypopitys* L., et je l'avais extrait avec un rendement encore inférieur ($0^{g},10$ par kilogramme) des racines fraîches de trois espèces de Spirées : *Spiræa Ulmaria* L., *Spiræa Filipendula* L., *Spiræa gigantea* var. *rosea*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le dédoublement biochimique de la rutine. Obtention d'un glucide nouveau, le rutinose.* Note de M. C. **Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

La rutine est un glucoside jaune, cristallisé, qui a été obtenu pour la première fois par Weiss ([1]), en 1842, des parties herbacées de la Rue (*Ruta graveolens* L.). On l'a rencontrée dans un assez grand nombre de plantes et elle avait été décrite sous plusieurs noms : sophorine, violaquercitrin, etc.

Sa véritable constitution a été donnée en 1904 par Schmidt ([2]), qui a établi que, sous l'action des acides étendus à chaud, elle se décompose en une molécule de quercétine, une molécule de rhamnose et une molécule de glucose :

$$\underset{\text{rutine.}}{C^{27}H^{30}O^{15}} + 2H^2O = \underset{\text{quercétine.}}{C^{15}H^{10}O^7} + \underset{\text{rhamnose.}}{C^6H^{12}O^5} + \underset{\text{glucose,}}{C^6H^{12}O^6}$$

Jusqu'ici le dédoublement de la rutine par un ferment n'a pas été obtenu avec certitude. Il n'a été essayé que par H. Ter Meulen ([3]) qui est arrivé à

([1]) *Ueber das Rutin, vorgetragen beim Apotheker-Gremium für Mittelfranken in Baiern* [*Pharmaceutisches Centralblatt*, t. 13 (II), 1842, p. 903].

([2]) *Zur Kenntniss der Rhamnoside* (*Arch. Pharm.*, t. 132, 1904, p. 210).

([3]) *Le sucre dans la sophorine* (*Sjedenkbock aangeboden aan J. M. van Bemmelen*, 1910, p. 411-415), résumé dans *Abstracts* (I), t. 100, 1911, p. 391.

des résultats inacceptables. Ter Meulen prétend qu'en faisant agir sur la rutine le ferment des graines de *Rhamnus infectoria*, que C. et G. Tanret ont appelé rhamninase [1], il se forme le même sucre que dans le dédoublement de la xanthorhamnine, le rhamninose. Le sucre est lévogyre ($\alpha_D = -41°$ environ); il est formé d'une molécule de rhamnose et de deux molécules de galactose. On ne voit pas comment le rhamninose pourrait se former dans l'hydrolyse de la rutine qui ne renferme pas de galactose dans sa molécule.

J'ai fait agir sur la rutine un ferment que j'ai retiré des graines déshuilées et débarrassées de leur tégument du *Rhamnus utilis*, par macération aqueuse et précipitation par l'alcool. 250^g de graines donnent ainsi 17^g de produit fermentaire.

L'hydrolyse a été conduite de la façon suivante :

On a mélangé dans un flacon 10^g de rutine en poudre fine, 2^g de ferment, 500^g d'eau distillée bouillie, saturée d'éther.

En 24 heures, on a constaté que la coloration de la poudre avait foncé fortement, ce qui est dû à la formation de la quercétine, et que le liquide était devenu réducteur. La marche de la réaction ne peut être suivie au polarimètre, car la rutine est insoluble dans l'eau et le sucre qui se forme au cours de l'hydrolyse, soluble dans l'eau, est, pour ainsi dire, inactif sur la lumière polarisée.

Au bout de 10 jours, on a chauffé au bain-marie bouillant pour chasser l'éther et tuer le ferment, puis on a filtré pour séparer le dépôt de quercétine impure. La solution, légèrement jaunâtre, renferme le sucre qu'on a obtenu par traitement à l'alcool absolu et précipitation par l'éther qui donne une poudre blanche se présentant au microscope sous la forme de rognons sans forme cristalline déterminée.

On a obtenu 3^g,80 de sucre pour 10^g de rutine. J'appellerai ce sucre, le *rutinose*.

Le rutinose est très hygroscopique et se prend rapidement en une masse pâteuse. Séché à l'étuve à $+100°$, il perd environ 6 pour 100 de son poids. Il n'a pas de point de fusion net. Il se ramollit vers $+140°$ et ne devient liquide que vers $+189$-$192°$ en brunissant.

Le rutinose réduit la liqueur de Fehling à l'ébullition. 1^g réduit comme 0^g,68 de glucose.

Il présente le phénomène de la mutarotation. Aussitôt après sa dissolution dans l'eau, il est légèrement dextrogyre, puis son pouvoir rotatoire devient sensiblement nul.

---

(1) *Sur la rhamninase et la xanthorhamnine* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 21, 1899, p. 1073).

On a trouvé, dans une expérience,

$$\alpha_D = +3°,47 \ (p = 0,72;\ v = 20;\ l = 2;\ \alpha = +0°,25).$$

En solution alcoolique (alcool à 95°) le rutinose est lévogyre sans mutarotation :

$$\alpha_D = -10° \ (p = 0,20;\ v = 20;\ l = 2;\ \alpha = -0°,20).$$

Le rhamnose se comportant de la même façon, il est probable que le groupe réducteur du rutinose appartient au rhamnose qu'il renferme.

Par hydrolyse sous l'action de l'acide chlorhydrique au dixième, au bain-marie bouillant, la rotation d'une solution de rutinose à $0^g,216$ pour 15^{cm^3} a passé de $\pm 0°$ à $+0°,90$. Un mélange équimoléculaire de rhamnose et de glucose aurait donné $+0°,93$.

Sous l'action du ferment des graines du *Rhamnus utilis*, le dédoublement de la rutine a donc lieu suivant l'équation

$$\underset{\text{rutine.}}{C^{27}H^{30}O^{15}} + H^2O = \underset{\text{quercétine.}}{C^{15}H^{10}O^7} + \underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}}$$

et le rutinose donne à l'hydrolyse par les acides :

$$\underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}} + H^2O = \underset{\text{rhamnose.}}{C^6H^{12}O^5} + \underset{\text{glucose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Le ferment des graines de *Rhamnus utilis* ne dédouble d'ailleurs pas que la rutine. J'ai constaté qu'il dédoublait la robinine en donnant un glucide formé de deux molécules de rhamnose et d'une molécule de galactose, glucide dont je poursuis actuellement l'étude. Il agit aussi sur un glucoside jaune que j'ai retiré des fleurs de *Spiræa Ulmaria* L. (travaux inédits) en donnant un glucide qui semble différent du rutinose.

Il agit également sur les glucosides anthraquinoniques de l'écorce de *Rhamnus Frangula* L., de l'écorce et des fruits de *Rhamnus cathartica* L.; enfin il dédouble la xanthorhamnine, la primevérine, la baptisine, l'hélicine et l'amygdaline. Il est sans action sur l'isohespéridine.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Dosage simultané de l'iode minéral et organique dans les algues.* Note de Mlles J. LELIÈVRE et Y. MÉNAGER, présentée par M. Béhal.

Les méthodes décrites précédemment (¹) ne présentent pas de garantie suffisante contre les pertes d'iode par volatilisation ou destruction incomplète des tissus.

Celle que nous allons exposer élimine ces deux causes d'erreur. Elle consiste, en effet, à brûler les algues dans un tube à combustion traversé par un courant d'oxygène, en présence d'une toile d'argent qui fixe l'iode libéré. Les gaz sont recueillis à la sortie du tube et analysés à part.

Le traitement des cendres (iode fixe) se fait par les procédés décrits précédemment; quant à l'iodure d'argent, il est oxydé électrolytiquement et l'iode est dosé soit à l'état d'acide iodique, soit sous forme d'iodure. Cette partie de la méthode étant d'application nouvelle, nous en avons établi la précision en brûlant dans notre appareil de l'iodoforme et du toluène *p*-iodé; cette précision est de l'ordre de 1 pour 100 et nous suffit provisoirement.

L'appareil et la marche de l'opération devant être décrits avec toutes les précisions nécessaires dans un Mémoire détaillé, nous nous bornerons, dans cette Note à une description sommaire :

APPAREIL. — Dans le tube à combustion, on dispose d'avant en arrière une toile de cuivre oxydé servant de témoin, une toile d'argent qui fixe l'iode, une colonne d'amiante platinée, la substance contenue soit dans une nacelle (iodoforme ou toluène *p*-iodé), soit dans un tube pyrex protégé par du fil de platine (algues), enfin une autre toile d'argent servant de garde. La partie antérieure du tube a été préalablement étirée et recourbée, et aboutit, sans connexions, à la partie inférieure d'un appareil Dupré; celui-ci est relié par sa tubulure supérieure à un gazomètre en verre monté en aspirateur.

CONDUITE DE L'OPÉRATION. — Elle ne présente pas de particularité, sinon que dans le cas des algues, il est nécessaire de chauffer celles-ci deux ou trois heures à basse température dans le courant d'oxygène, de façon à les dessécher avant la combustion proprement dite. Pendant toute l'opération, l'amiante est portée au rouge clair, les toiles d'argent étant maintenues au rouge très sombre, pour éviter autant que possible la fusion de l'iodure d'argent et son dépôt sur le verre (²). Signalons en passant

---

(¹) FREUNDLER, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 515.

(²) On observe d'ailleurs toujours un voile jaune clair vis-à-vis de l'argent, par suite de la volatilisation du métal, mais ce voile s'observe tout aussi bien dans les combustions à blanc.

comme preuve de la valeur du procédé que, dans le cas du toluène *p*-iodé, il s'est fait du ditolyle; l'argent est donc capable, non seulement de fixer l'iode libre, mais aussi de dissocier les composés organiques volatils très stables.

Analyse des produits. — *a. Cendres.* — Sauf de légères variantes, le dosage de l'iode des cendres se fait par les méthodes usuelles : dissolution dans l'eau acétique, oxydation permanganique en iodate et titrage à l'iodure et à l'hyposulfite. Le faible résidu charbonneux résultant de ce traitement a été rebrûlé dans le même appareil : il ne renferme que des traces d'iode non dosables.

b. Toile d'argent. — L'iodure d'argent est oxydé électrolytiquement en acide iodique soluble (principales conditions : anode de platine, toile d'argent iodé à la cathode, solution d'acide sulfurique à 1 pour 100, 4 volts, 2/10 d'ampère). Les détails seront publiés ultérieurement. La solution, réduite par l'acide sulfureux, est alcalinisée, concentrée, et l'iode dosé à l'azotite, au tétrachlorure et à l'hyposulfite.

Dans le cas de traces d'iode, nous dissolvons l'iodure dans du cyanure de potassium à froid, et évaluons l'ordre de grandeur de la quantité d'iode par comparaison néphélométrique suivant la méthode de M. Denigès.

c. Gaz. — Le gaz recueilli dans le gazomètre est constitué essentiellement par de l'oxygène. Ce gaz est soumis une deuxième fois au même traitement, et d'autre part nous en avons fait passer un certain volume dans une solution alcoolique de nitrate d'argent, sans y déceler jamais la moindre trace d'iode [1].

Précision. — Les combustions effectuées sur l'iodoforme et le toluène *p*-iodé démontrent que la précision de la méthode (combustion et électrolyse) est de l'ordre de 1 pour 100, la différence provenant de ce que, jusqu'à présent, l'oxydation électrolytique de l'iodure d'argent n'a pu être poussée au delà de 99 pour 100. On sait que le dosage de l'iode dans les cendres comporte la même précision.

Résultats. — La méthode ci-dessus décrite a été appliquée à des échantillons de *L. flexicaulis* récoltés en février et mars aux îles Saint-Quay, et enfermés sur place dans des tubes pyrex scellés et tarés. Dans ces conditions, la quantité d'iode retrouvée sur la toile d'argent a varié entre 0 et 2^{mg}; cette quantité correspond au maximum à 2 pour 100 de l'iode contenu dans les échantillons, elle semble provenir d'une faible dissociation de l'iodure des cendres. La presque totalité de l'iode se trouve dans le résidu fixe sous forme d'iodure soluble accompagné d'une trace d'iodate.

Nous pouvons donc conclure de là, qu'en cette saison et chez les *L. flexicaulis*, il n'existe pas de combinaison organique iodée volatile. Ces expériences seront reprises l'été prochain, à l'époque où de grosses variations ont été constatées l'an dernier.

---

(1) En aucun cas, la toile de cuivre n'a fixé d'iode.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Coagulation et vie végétale.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

L'abaissement de la tension superficielle du milieu colloïdal, en favorisant la coagulation [2], *met un terme aux échanges osmotiques.* C'est là un facteur biologique important que nous allons voir en jeu dans le protoplasma et les colloïdes végétaux. Nous nous adresserons à l'*amidon*, à la *graine* et à la *feuille.*

1° *Cas de l'amidon.* — L'amidon est en granules à couches concentriques *inégalement hydratées;* cette structure est celle que nous avons trouvée à l'ovalbumine desséchée.

Si l'on forme un empois d'amidon à 5 pour 100 en chauffant à 35°, il arrive un moment où une lente décantation sépare un *amidon soluble* d'un *amidon insoluble*, image des deux ovalbumines déjà distinguées.

Ce sont les couches hydratées ou « sombres » qui fournissent l'amidon soluble; elles assurent au granule une hydratation moyenne de 20 pour 100.

Action de l'électrolyse. — Dans un empois à 5 pour 100 on fait passer le courant de deux Leclanché par électrodes de cuivre. La solution se concentre, *se dessèche même à l'anode* où elle se colore en bleu par des ions de soufre. Elle se dilue au contraire à la cathode, où viennent l'eau et des bulles de H, et où l'analyse nous montre du Na. L'amidon renferme donc un peu de *sulfate de soude*, probablement du fait de sa fabrication. Renversons le courant, coagulation et dilution changent de pôle. Ainsi, le phénomène est bien réversible.

Actions variées : a. Sels. — A de petites quantités d'empois à 5 pour 100, en gelée coulante, ajoutons 1^g de NaCl, KCl, $CaCl^2$, SO^4Ca, PO^4Na^3 et $(PO^4)^2Ca^3$.

Au bout de 4 jours, seul PO^4Na^3 *a fluidifié la gelée;* KCl a donné un coagulum facile à redissoudre; tous les autres, un coagulum très dur, surtout les sels de calcium. Mais le phénomène n'en est pas moins réversible.

b. Acides organiques, alcool, éther, huile. — Dans des tubes à essai on ajoute, à de l'empois semi-liquide, $0^g,50$ d'alcool éthylique, éther, huile, acides lactique, tartrique, citrique, oxalique. L'alcool forme émulsion, gelée, enfin coagulum. L'éther fait l'inverse : il défait le coagulum, le

---

(1) Séance du 31 mars 1924.

(2) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 522 et 803.

pulvérise. Mis avec une solution d'amidon que l'on chauffe longtemps, il empêche la formation d'un empois. Reprenons par l'alcool une gelée réduite en poudre par l'éther; nous obtenons des grumeaux gélatineux, analogues au blanc d'œuf cuit. Traités à nouveau par l'éther, ces derniers se changent en petits grains secs qui rappellent la magnésie calcinée.

L'empois d'amidon est donc une gelée colloïdale que les abaisseurs de tension superficielle déshydratent en la coagulant fortement, que l'éther dessèche et pulvérise en la privant de son eau de constitution.

Les acides citrique et lactique ont un effet *floculant* plus marqué que l'huile et autres acides. Et ces phénomènes aussi sont réversibles.

Le granule nous semble, dans ce cas, un *produit de sécrétion* dont les couches sont inégalement coagulées. Or il résulte de l'action des *courtes radiations* du Soleil, lesquelles sont coagulantes; par suite, c'est l'alternance du jour et de la nuit qui fait les couches sèches et hydratées.

Les botanistes trouveront sans doute des *différences physiques* entre cet amidon et celui qui s'élabore dans l'obscurité, ou la lumière continue.

2° *Cas de la graine* (*haricot dit* « *Soissons* »). — On réduit en poudre une graine d'haricot sec, et l'on fait sécher pendant 15 jours sous cloche à SO^4H^2. Le poids passe de 2g,560 à 2g,380, soit 7 *pour* 100 *d'eau*, contre 80 pour 100 dans l'haricot vert.

Soumettons des graines sèches à des *solutions salines* à 1 pour 100, et examinons la *limite osmotique* et la *vitalité*.

Solutions à 1 °/₀ de	Poids gagné °/₀.
$NaCl$	103,5
KCl	98,2
$MgCl^2$	90,0
$CaCl^2$	92,7
PO^4Na^3	94,1
$(PO^4)^2Mg^3$	93,5
$(PO^4)^2Ca^3$	87,5

On voit *la supériorité des sels de soude*; mais plaçons ces mêmes *graines salées* dans une solution à 10 pour 100 de saccharose, renouvelée souvent. Nous constatons ceci. L'effet de $NaCl$ et PO^4Na^3 a été de conserver aux graines toute leur vitalité : tissu ferme, hydraté, d'aspect sain. Les autres ont ou légèrement gélatinisé le tissu, ou coagulé et desséché comme de l'amiante.

Ainsi, *phosphate et chlorure de sodium favorisent la fluidité du protoplasma végétal;* les sels de calcium font l'inverse et diminuent sa vitalité.

3° *Cas de la feuille* (*fusain d'Europe*). — On met à sécher, sous cloche à SO^4H^2, cinq feuilles de fusain, les unes à peine cueillies, les autres après

une heure d'immersion dans alcool, éther, huile, et solutions salines à 10 pour 100. Nous obtenons les résultats suivants :

État antérieur.	Poids de 5 feuilles. Avant.	4 jours après.	Perte de poids pour 100.
	mg	mg	
Normales............	700	165	76,4
Traitées par :			
Alcool...............	710	195	72,5
Éther................	445	125	71,9
Huile................	525	160	69,5
NaCl.................	550	135	75,4
PO^4Na^3.............	890	215	75,9
Autres sels...........................			de 73 à 74

C'est, on le voit, NaCl et PO^4Na^3 qui gardent sa fluidité au protoplasma. Mais *prolongeons l'immersion pendant 5 jours*, sans dessécher ensuite, et voyons le poids :

Poids des feuilles de fusain.

	Alcool.	Éther.	NaCl.	$CaCl^2$.	CO^3Na^2.	PO^4Na^3.
Avant immersion.....	620mg	595mg	720mg	460mg	450mg	435mg
Après immersion....	620mg	270mg	1040mg	590mg	610mg	550mg
+ ou — pour 100....	0	—54,6	+44,4	+28,2	+35,5	+26,4

L'action « décoagulante », osmotique, du NaCl et des autres sels de sodium est confirmée. Mais les autres sels, peu actifs par une immersion courte (1 heure), se montrent plus ou moins coagulants, et en proportion de l'abaissement de tension superficielle qu'ils déterminent à la longue [1].

Mais si l'éther et l'huile agissent aussi dans ce sens, ils le font d'une façon réversible. Seul *l'alcool est un coagulant énergique du protoplasma.* Et les feuilles alcoolisées perdent à jamais leur pouvoir osmotique; aucun traitement par les sels sodiques n'a pu les rajeunir et les hydrater.

Donc sur le protoplasma, au contraire de l'amidon, sur tout colloïde azoté, *l'alcool est un coagulant à effet irréversible.* Il donne aux feuilles, qu'il rend raides et cassantes, l'aspect de feuilles artificielles.

Mais le chlorure de sodium leur assure tous les traits de la vie, la souplesse, la coloration verte; il les soustrait à la coagulation et à la mort. Ce sont, en somme, les sels de soude qui, pour maintenir la vitalité par la fluidité du milieu, doivent prédominer dans les liqueurs de l'organisme. Et il en est ainsi chez tous les êtres vivants.

---

(1) Nous avions donné les valeurs de cet abaissement,

PHYSIOLOGIE. — *Remarques au sujet d'une Note de M. E.-F. Terroine relative aux lois qui régissent l'intensité du métabolisme chez les homéothermes.* Note [1] de Mlle **E. Le Breton** et M. **G. Schaeffer**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note récente parue ici même [2] M. Terroine écrit à propos des facteurs déterminant la grandeur du métabolisme chez les homéothermes :

« Ni l'idée de limiter la masse active à l'azote nucléinique, avancée par Palladine pour les végétaux et reprise par E. Le Breton et Schaeffer pour les animaux, ni celle émise par Bertrand pour les végétaux et tendant à faire jouer un rôle important à certaines substances minérales (manganèse), n'ont permis jusqu'ici l'acquisition d'aucun résultat positif chez les homéothermes. »

M. Terroine se plaît à faire de nous de simples imitateurs de Palladine à propos d'une idée que ni lui ni nous n'avons jamais exprimée comme nous allons le voir.

1° Palladine [3] n'a jamais dit comme nous que l'azote nucléinique était un représentant indirect de la masse protoplasmique active. Pour lui, les substances protéiques actives du protoplasme sont celles que ne digère pas le suc gastrique de porc. Ces substances seraient constituées d'après F. Schwarz, sur lequel il s'appuie, par « le protoplasme, le noyau et les corps chlorophylliens » ou encore, comme il l'écrit plus loin, par « la plastine (?) et la nucléine ». C'est cet ensemble qui pour Terroine est devenu l'azote nucléinique. La compréhension étroite du terme azote nucléinique ne justifie pas une telle assimilation.

La forme de la loi de Palladine était en somme la suivante : « Aux facteurs d'intensité près (température; hydrates de carbone disponibles) l'acide carbonique dégagé par les plantes est en rapport constant avec la quantité d'azote non digestible qu'elles contiennent. » Sa conception de l'azote non digestible montre assez qu'il n'a pas *limité la masse active à l'acide nucléinique*.

2° E. Le Breton et G. Schaeffer, d'une façon plus explicite encore, n'ont jamais pensé qu'on pouvait *limiter* la masse protoplasmique active à l'un de

(1) Séance du 31 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1022.

(3) Palladine, *Revue générale de Botanique*, t. 8, 1896, p. 225-248.

ses représentants possibles : l'acide nucléinique. Craignant une telle interprétation erronée de leurs conceptions, ils l'ont d'avance repoussée en écrivant [1] : « L'acide nucléinique n'est évidemment pas la masse active elle-même ; pour qu'il en soit un *représentant* qualifié, il faut que ses variations quantitatives soient parallèles à celles de la masse protoplasmique active tout entière. »

En ce qui concerne le rapport liant la masse active à la grandeur des échanges chez les êtres vivants, nous n'avons fait que nous rallier à l'opinion de F.-G. Benedict [2]. La grandeur des mutations énergétiques est proportionnelle à la masse active, aux facteurs d'intensité près (pression de l'oxygène et température chez les poïkilothermes; qualité de la masse active, nombre des pulsations cardiaques, etc., chez les homéothermes). En dépit de l'opinion de Krogh, nous pensons pouvoir évaluer indirectement la masse active et voir si expérimentalement l'opinion de Benedict se vérifie.

Nous ne croyons d'ailleurs pas que M. Terroine prédise un échec expérimental à la vérification de cette loi de Benedict dont son hypothèse découle. Si ce qu'il condamne c'est l'idée de *limiter la masse active à l'azote nucléinique*, cette condamnation est sans objet, car nous ne connaissons pas d'auteur ayant soutenu cette opinion.

RADIOACTIVITÉ. — *De l'influence du thorium X sur la formule sanguine.* Note de MM. **Aversenq, Delas, Jaloustre** et **Maurin**, transmise par M. Daniel Berthelot.

De nombreux travaux ont déjà paru sur cette question. Tour à tour, on a cherché l'influence du thorium X sur le sang de l'homme [3], du chien, du cobaye. M. Galiacy, dans sa thèse inaugurale de doctorat en médecine du 21 décembre 1923 (Bordeaux), a rappelé précisément ces différentes recherches et souligné leurs contradictions sur certains points. Il a repris systématiquement la question étudiant à la fois l'action du thorium X sur la fragilité leucocytaire et sur la formule sanguine. Nos recherches person-

---

(1) *Loc. cit.*, page 20, ligne 22.

(2) F.-G. Benedict, *Factors affecting basal metabolism* (*Journal of Biological Chemistry*, t. 20, 1915, p. 263-299).

(3) G. Petit, L. Marchand et L. Jaloustre, *Les effets généraux des injections hypodermiques de thorium X sur l'organisme* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1170).

nelles étaient en cours au moment où fut soutenue cette thèse, que nous ignorions jusqu'à ces jours derniers. D'ailleurs nos résultats concordent avec ceux de M. Galiacy et les complètent par certains détails, car si nous avons laissé de côté la fragilité leucocytaire nous avons par contre examiné l'action sur les globules rouges en même temps que sur les globules blancs. En outre, au lieu de nous limiter au cobaye, nous avons poursuivi nos recherches à la fois sur cet animal et sur le lapin.

I. *Expériences sur le cobaye.* — Nous avons pris d'abord un cobaye mâle du poids de 420^g sur lequel nous avons recherché les effets de l'injection sous-cutanée d'une dose unique de 50 microgrammes.

Moment de l'examen.	Nombre des hématies.	Nombre des leucocytes.
Avant l'injection	5260000	13800
3 heures après..............	6000000	24000
8 heures après..............	5520000	8700
36 heures après..............	3750000	7200
7 jours après...............	5360000	3500
11 jours après...............	5370000	3100
18 jours après...............	4870000	6700

Par suite, après une hyperglobulie et une hyperleucocytose passagères apparaît une hypoglobulie, mais surtout une leucopénie marquée, tendant toutefois à s'améliorer sur la fin, du moins en ce qui concerne la leucopénie.

En outre, la formule sanguine change de sens.

Avant l'injection, elle était ainsi constituée :

Polynucléaires..................	44 pour 100
Mononucléaires..................	56 pour 100

Mais, sous l'influence du thorium X apparaît progressivement une mononucléose jeune qui atteint son maximum au 7e jour, où nous trouvons jusqu'à 96 pour 100 de lymphocytes, pour décroître ensuite légèrement et rester à 86 pour 100 le 18e jour, après l'injection.

En somme, il existe une leucopénie avec mononucléose marquée (lymphocytose) et hypoglobulie à la suite de cette forte dose de thorium X, soit 120$^\gamma$ par kilogramme d'animal).

L'état général de l'animal s'est conservé satisfaisant, l'amaigrissement a été négligeable. Il n'a perdu que 25^g dès le début, récupérés d'ailleurs vers le 10e jour.

En second lieu, nous avons recherché les modifications sanguines d'un cobaye mâle de 720^g, par 8 injections successives de 20$^\gamma$ par semaine du 8 décembre 1923 au 26 janvier 1924.

Nous avons encore noté une diminution des globules rouges de la leucopénie (3450 leucocytes) avec 82 pour 100 de mononucléaires dont 74 pour 100 de lymphocytes. En outre, le poids de l'animal fléchit sans cesse et tombe à 575^g au 34e jour des recherches. Il meurt enfin cachectisé le 50e jour, pesant seulement 375^g, ayant par suite perdu près de la moitié de son poids initial.

Par conséquent, ces doses répétées de 25 à 30$^\gamma$ par kilogramme d'animal ont donné des résultats comparables aux précédents avec toutefois une considération de l'organisme du cobaye qui n'a pu les supporter.

2. *Expériences sur le lapin.* — Le lapin, en expérience, pèse avant toute injection 1635^g. Il a une richesse sanguine et une formule sanguine ainsi composées :

Globules rouges		8000000
Globules blancs		4850
Formule sanguine.	polynucléaires	38 pour 100
	grands et moyens mononucléaires	18 »
	lymphocytes	44 »

Il reçoit 5 injections hebdomadaires à taux différents, soit des doses modérées, fortes et très fortes.

Une 1re injection le	4 janvier 1924			25$^\gamma$
» 2^e	»	12	»	50
» 3^e	»	19	»	25
» 4^e	»	26	»	20
» 5^e	»	2 février 1924		100

Sous l'influence de doses modérées (12 à 15$^\gamma$ par kilogramme d'animal), on constate dès les premières heures, suivant l'injection, une leucocytose très notable (chiffre initial triplé), puis graduellement une leucopénie moyenne ($\frac{2}{3}$ du chiffre initial). En même temps, on note une mononucléose et lymphocytose pouvant atteindre 70 à 75 pour 100. Le nombre des globules rouges est diminué assez sensiblement et de façon plus précoce.

La dose forte (30 à 40$^\gamma$ par kilogramme) provoque des modifications de même ordre, mais plus accusées. La leucopénie peut atteindre $\frac{1}{3}$ du chiffre initial (1600 leucocytes seulement) avec toujours une lymphocytose accusée (58 pour 100).

La dose très forte (70$^\gamma$ par kilogramme) amène, par contre, un résultat un peu paradoxal. C'est ainsi que nous avons noté une cytolyse considérable affectant surtout les globules rouges qui tombent à 1900000. Par

contre, nous avons constaté une augmentation des globules blancs qui atteignent 8000 avec toujours, cependant, une formule leucocytaire de même ordre (mononucléose jeune, 70 pour 100).

Ces doses excessives ébranlent visiblement l'état général de l'animal. Il présente de la paraplégie du train postérieur, maigrit sensiblement (1500^{g}). Toutefois, ces symptômes s'amendent assez vite, et en 15 jours l'animal a repris son poids, retrouvé sa motilité normale. Cinquante jours après cette injection massive, il accuse 8620000 globules rouges et 7850 leucocytes dont 25 polynucléaires et 75 mononucléaires pour 100.

En somme, leucopénie avec lymphocytose marquée et hypoglobulie moyenne, tel est le bilan des doses moyennes et fortes. Quant à la dose très forte, elle amène une hypoglobulie intense avec, cependant, une certaine élévation leucocytaire, véritable appel de défense d'un organisme violemment secoué.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches, par une méthode radiochimique, sur la circulation du bismuth dans l'organisme.* Note [1] de MM. **I. A. Christiansen**, **G. Hevesy** et **S. Lomholt**, présentée par M. Charles Moureu.

Pendant ces dernières années le bismuth a pris une importance croissante dans le traitement de la syphilis [2]. Pour nous renseigner sur ses conditions d'absorption, sa distribution dans l'organisme et son élimination, nous avons utilisé une méthode radiochimique, qui a tout d'abord été proposée par Hevesy et par Paneth [3].

Voici le principe de la méthode. On prépare le médicament avec le mélange d'une solution d'un sel de bismuth et d'une solution d'un isotope radioactif, le radium E, de cet élément. Comme l'on sait, il suffira ensuite de mesurer la quantité d'isotope radioactif présente dans l'essai considéré pour pouvoir calculer la quantité de bismuth inactif.

Nous avons extrait le radium E d'une solution chlorhydrique de radium D, produite par la désintégration de l'émanation d'une quantité de radium correspondant à 2-4 curie. Les essais ont été faits sur des lapins. De temps en temps on pratique dans les muscles des injections de

---

(1) Séance du 17 mars 1924.

(2) Sazerac et Levaditi, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391; t. 173, 1921, p. 338.

(3) Voir Aston, *Les isotopes*, Paris, 1923. — F. Paneth, *Zeitschrift f. angewandte Ch.*, t. 35, 1922, p. 549. — Hevesy, *Biochemical Journal*, t. 17, 1923, p. 441.

petites quantités d'une suspension huileuse du médicament. Après environ 15 jours on tue le lapin.

Voici les matières qui doivent être examinées : 1° les dépôts des injections; 2° les viscères les plus importants; 3° l'urine quotidienne; 4° les fèces quotidiennes; 5° de petites quantités définies de la suspension employée pour l'expérience.

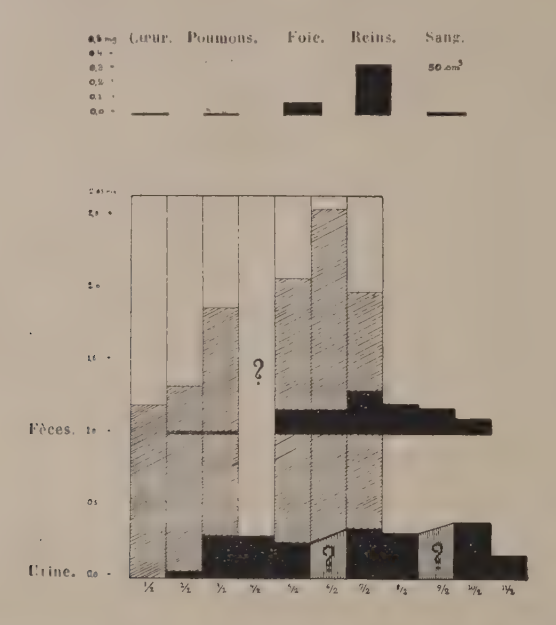
Pour l'analyse on brûle tous les tissus organiques au moyen de petites quantités d'acide nitrique fumant; puis les cendres sont dissoutes dans l'acide nitrique dilué, et, la solution ayant été placée dans des capsules de Petri, on évapore l'acide nitrique; enfin on détermine électrométriquement la radioactivité des petites quantités de sels qui restent au fond des capsules en mesurant les rayons β émis par le radium E présent. Quant aux rayons α émis par le polonium également présent, on les absorbe à l'aide d'une plaque d'aluminium d'une épaisseur d'environ $\frac{1}{20}$ de millimètre. Des essais de contrôle ont démontré que les erreurs maxima des différentes déterminations exécutées par cette méthode sont d'environ 10 pour 100.

Nous l'avons utilisée pour des expériences sur 9 lapins. Dans 5 cas nous avons employé la quinine iodobismuthique (¹) et dans 4 cas l'hydroxyde de bismuth. Les résultats obtenus ont été nettement concordants. Nous nous bornerons à donner ici ceux de l'un des essais avec la quinine iodobismuthique. Ils sont résumés dans la figure suivante. Les hauteurs des colonnes verticales représentent les quantités de bismuth injectées par jour; les hachures de ces colonnes indiquent les quantités trouvées dans les dépôts d'injection correspondantes. Les colonnes supérieures noires représentent les quantités trouvées dans les fèces quotidiennes, et les colonnes inférieures noires représentent les quantités trouvées dans l'urine. Les rectangles noirs placés dans la partie supérieure du tableau donnent le contenu des différents viscères.

Les résultats généraux de toutes nos expériences peuvent être résumés comme il suit : 1° L'élimination du bismuth se fait surtout par l'urine ; la quantité de bismuth qu'on y trouve est le double de celle qui passe dans les matières fécales; elle augmente au cours du traitement, ce qui n'apparaît pas aussi clairement pour les matières fécales; 2° le cœur et les poumons ne contiennent qu'une petite quantité de bismuth; le foie en contient une quantité assez faible, et les reins une quantité assez forte, en

(¹) $C^{20}H^{25}N^{2}O^{2}.BiJ^{4}$.

général plus du double de celle que l'on trouve dans le foie; dans 50^{cm^3} de sang on n'en a trouvé qu'une très petite quantité.



Les résultats obtenus montrent donc qu'il ne faut employer le bismuth qu'avec une certaine prudence, à cause de sa résorption assez lente et assez irrégulière, qui peut présenter un danger d'intoxication. Sa ressemblance avec le mercure [1], au point de vue de la circulation, exige aussi des précautions dans l'emploi simultané des deux métaux, qui pourrait amener une accumulation de l'effet toxique.

BIOLOGIE. — *Malformations produites chez une Mouche* (Calliphora erythrocephala *Meig.*) *par l'action des vapeurs de naphtaline; réapparition des anomalies dans une seconde génération élevée dans des conditions normales.* Note de M. L. **Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Des pupes de *Calliphora erythrocephala* Meig. sont réparties en deux lots : l'un sert de témoin, l'autre est soumis à l'action de vapeurs de naphtaline suivant une technique qui sera indiquée ultérieurement.

---

(1) Voir Svend Lomholt, *British Journal of Dermatology* 1921 (*Archiv für Dermatologie und Syphilis*, t. **126**, 1918, p. 154).

Expérience a (*Expérience d'hiver*). — Sur 65 pupes témoins : 9 sont mortes et les 56 autres ont donné 55 individus normaux et 1 individu à ailes défectueuses.

Par contre, sur 99 pupes soumises aux vapeurs de naphtaline : 11 ont été tuées, 81 ont donné des Mouches normales et 7 ont fourni des Mouches présentant diverses malformations.

Expérience b (*Expérience d'été*). — Les pupes du lot témoin, au nombre de 250, ont donné naissance à des Mouches normales. Sur 119 pupes exposées aux vapeurs de naphtaline : 87 ont été tuées, 28 ont donné des Mouches normales et 4 ont fourni des Mouches présentant diverses malformations.

Les individus anormaux obtenus au cours de ces expériences sont en général faibles; chez certains, les pattes sont grêles et présentent des malformations, souvent l'abdomen ne se dilate pas et conserve pendant toute la durée de la vie l'aspect qu'il possède au moment où l'insecte sort de la pupe.

Mais la malformation la plus caractéristique porte sur les ailes ; celles-ci sont incomplètement déplissées et même, dans certains cas, se présentent comme de courts moignons falciformes atteignant à peine la moitié de la longueur de l'abdomen.

Ces malformations sont à rapprocher de certaines anomalies alaires qui ont été obtenues par Dewitz et par Roubaud. On sait en effet que Dewitz (1912) (1), ayant placé des pupes de *Calliphora* pendant près de trois mois dans une chambre froide (+ 2°), ou les exposant une ou deux heures à une température de + 40°, a obtenu des imagos à ailes plus ou moins défectueuses et même nulles. De même, Roubaud (1922) (2) a constaté que des larves hivernantes de *Mydæa platyptera* réactivées exceptionnellement sans le secours du froid donnent naissance à des imagos présentant des atrophies alaires qui peuvent aller jusqu'à l'absence complète de tout rudiment d'aile apparent.

Laissant de côté, pour l'instant, la question de savoir s'il y a eu réellement action de la naphtaline sur les disques imaginaux des ailes, ou si l'atrophie est due à un défaut de déploiement de ces organes, corrélatif à la faiblesse des Mouches, nous constatons que l'action des vapeurs de naphtaline sur les pupes de *Calliphora erythrocephala* est comparable à celle qu'exercent

---

(1) J. Dewitz, *L'aptérisme expérimental des Insectes* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 386).

(2) E. Roubaud, *Études sur le sommeil d'hiver pré-imaginal des Muscides. Les cycles d'asthénie et l'athermobiose réactivante spécifique* (*Bul. Biol. France et Belgique*, t. 56, 1922, p. 455).

certains grands facteurs du milieu extérieur, le facteur température par exemple.

La descendance des imagos issus de pupes soumises aux vapeurs de naphtaline. — Des mouches anormales et en apparence normales, issues de pupes naphtalinées, ont été croisées entre elles. Les résultats obtenus sont les suivants :

Première génération. — *a.* ♂ à ailes réduites à l'état de moignons × ♀ à ailes normales. Ce croisement n'a donné aucune descendance.

b. ♂ à ailes normales × ♀ à ailes normales. Un grand nombre d'asticots, puis de pupes obtenus de ces croisements sont morts en cours de développement; pour les *puparia* seuls, la mortalité est d'environ 30 pour 100. Les pupes ayant poursuivi leur évolution complète ont donné : 158 imagos normaux, 11 imagos à ailes plus ou moins défectueuses et à pattes malformées, 8 imagos à ailes réduites à l'état de moignons falciformes.

Deuxième génération. — Des Mouches nées du croisement *b* de première génération (parents à ailes normales) ont été accouplées de la façon suivante :

a. ♂ et ♀ à ailes réduites à l'état de moignons. Ce croisement n'a donné aucune descendance.

b. ♂ à ailes normales × ♀ à ailes défectueuses et à pattes malformées; 76 pupes ont été obtenues : 3 sont mortes en cours de développement et les 73 autres ont donné des imagos en apparence normaux.

Conclusions. — Les vapeurs de naphtaline exercent une action indiscutable sur les pupes de *Calliphora erythrocephala*. Vis-à-vis de la naphtaline, les pupes présentent des différences individuelles considérables : un certain nombre sont tuées, d'autres donnent des imagos affaiblis qui présentent des ailes plus ou moins défectueuses, des pattes malformées ; enfin, le plus grand nombre donnent des Mouches qui ne présentent, en apparence, aucune anomalie [1].

Il semble que les individus à malformations très accusées sont incapables de donner une descendance. D'autre part, des Mouches en apparence normales, issues de pupes naphtalinées, donnent des descendants qui, sans avoir subi l'action de la naphtaline, présentent les mêmes anomalies que certains imagos issus de pupes naphtalinées. Il est donc indiscutable

(1) Lienhart, Mutel et Bretagne (*Comptes rendus Soc. Biol.*, Paris, t. 88, 1923, p. 765 et 1105) ont également constaté que les Lapins présentent une sensibilité générale très inégale à l'intoxication.

que les vapeurs de naphtaline agissent, non seulement sur le soma, mais aussi sur les cellules germinales.

Toutefois, dans mes expériences, cette action de la naphtaline ne détermine pas de variations héréditaires définitives puisque dès la seconde génération les cellules germinales ne transmettent plus les malformations acquises. Il faut donc admettre qu'il y a dans ces cellules un mécanisme régulateur qui tend à effacer les modifications acquises pour les accidents de la vie et à rétablir l'état ancien et normal.

Alors s'éclairent d'un jour nouveau un certain nombre d'observations qui en ont imposé pendant un temps pour des hérédités de caractères acquis. C'est le cas, en particulier, des expériences de Pictet sur les Chenilles nourries avec des aliments non habituels, ce qui retentit sur les Papillons et chez leurs descendants des deux ou trois générations suivantes; mais l'effet du changement de nourriture cesse alors et les altérations disparaissent.

Les cellules germinales, aussi bien que les somatiques, peuvent donc présenter des *caractères acquis*. On conviendra que cette nouvelle notion des *caractères acquis* par les cellules sexuelles et *non transmissibles* rend de plus en plus improblable la thèse lamarckienne de l'hérédité des caractères acquis par le soma.

ZOOLOGIE. — *Les associations animales de l'horizon moyen de la zone intercotidale de la petite Syrte*. Note de M. L.-G. SEURAT, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'horizon moyen de la zone intercotidale de la Syrte mineure offre des associations animales remarquables, dans lesquelles on observe parfois une majorité d'Arthropodes terrestres, suivant le faciès considéré.

1° *Associations animales de sable vaseux ferme, couvert d'une croûte de Schizophycées :*

Ce faciès est particulièrement développé à Adjim (île Djerba); au premier examen la plage, partout où elle est couverte d'une croûte végétale, apparaît comme très pauvre en formes animales, à part les Insectes qui y circulent; par contre, si l'on prélève un bloc de sable vaseux ferme, celui-ci se montre parcouru de nombreuses galeries perpendiculaires à sa surface, ayant ainsi l'apparence d'un morceau de bois miné par les xylophages; la croûte elle-même est sillonnée de galeries parallèles à la surface, habitées par les larves et les nymphes d'un Tipulide, le *Geranomyia bezzii* Alexander et Leonard, dont l'adulte se tient sur les plantes, *Nitraria tridentata* Desf. à Adjim, *Reaumuria*

vermiculata L. à El Attaya (Kerkennah), qui garnissent la crête de sable grossier séparant la plage de la Sebkhra; au printemps, j'ai observé les adultes venant d'éclore sur la plage elle-même.

Les galeries creusées dans le sable vaseux sont habitées par une majorité d'Arthropodes terrestres, associés à des Annélides.

Les Insectes fouisseurs les plus fréquemment observés sont le *Bledius* sp., voisin du *Bledius furcatus* Oliv. et l'*Heterocerus* sp., voisin de l'*Heterocerus flexuosus* Steph. Ces deux Insectes sont phytophages et se nourrissent des Schizophycées; ils vivent à demeure dans ces galeries, ainsi que l'atteste la coexistence d'œufs, de larves, de chrysalides et d'adultes. Il en est de même pour le *Bledius infans* Rott., beaucoup plus rare, et probablement aussi pour un petit Carabique, le *Tachys micros* Fisch., qui court dans les galeries creusées par les *Bledius* et les *Heterocerus*.

Diverses Cicindèles, parmi lesquelles *Cicindela lunulata* Fabr. est, de beaucoup, la plus fréquente, courent sur la plage à marée basse, s'abritant par mauvais temps sous les fragments soulevés de la croûte végétale, à côté du *Labidura riparia* Pall. : leurs larves creusent des terriers verticaux dans le sable vaseux de la plage, jusque dans la partie la plus rapprochée de l'horizon inférieur; à El Attaya j'ai trouvé deux de ces larves dans un îlot séparé du reste de la plage par un chenal couvert d'eau à marée basse.

Les galeries hébergent d'autre part deux Araignées très agiles, toujours trouvées à l'état immature, *Lycosa pilipes* Lucas et *Desidiopsis racovitzai* Fage; la première, de beaucoup la plus fréquente, se tient également dans les buissons de *Nitraria tridentata* de la crête littorale de sable grossier; l'adulte, d'une vélocité extrême, court sur le cordon de Cymodocées (Ouled Yanek, Kerkennah) ou de Posidonies (Rusguniæ, baie d'Alger).

Le *Nereis diversicolor* O. F. Müll. est extrêmement commun dans toute l'étendue de la plage et constitue également un élément caractéristique de ces associations animales; vers la limite inférieure de la plage, ses galeries voisinent avec celles du *Perinereis cultrifera* Grube et du *Terebella lapidaria* Köhler.

L'*Hydroschendyle submarina* Grube, Géophile très commun dans les lais de Posidonies, s'aventure fréquemment dans la plage de l'horizon moyen : je l'ai trouvé à Adjim dans un îlot de sable vaseux isolé. Le *Callianassa subterranea* Mont., si commun dans la vase sableuse de l'horizon inférieur, vit parfois dans celle plus ferme de l'horizon moyen (Bou Grara et îlot Djilli); le *Sphæroma serratum* Fabr. n'a été trouvé qu'une fois, à Adjim, associé au *Lycosa pilipes* et à une larve de Cicindèle.

2° *Facies des calcaires tendres :* Cattaya du Sud, El Attaya, îlot Chercheria du Bahiret-el-Biban.

Ces calcaires, sur lesquels on observe *Littorina neritoides* L. et *Chthamalus stellatus* Ranz., abritent dans leurs anfractuosités et cavités, des associations animales très riches dont les représentants sont, par ordre de fréquence : *Sphæroma serratum* Fabr., *Ovatella firmini* Payr., *Truncatella truncatula* Drap., *Lasæa rubra* Mtg. d'une abondance prodigieuse, *Littorina nervillei* Dautz. assez commune, *Mytilus minimus* Poli, *Alexia bidentata* Mtg., *Orchestia mediterranea* Costa, *O. montagui* Aud., *Hyale perieri* Lucas, *Gammarus marinus* Leach, *Allorchestes plumicornis* (Heller), *Chiton caprearum* Scacchi, *Actinia equina* L.

Quelques formes de l'horizon supérieur (cordons de Zostéracées) s'aventurent dans ces calcaires tendres, se mélangeant à la faune de cet horizon : *Pontodrilus littoralis* Grube, *Enchytræus* sp., *Littorina neritoides* (rare), *Trochocochlea tubiformis* V. Salis (jeune), larves d'*Orchrops seurati* Surcouf, *Gryllotalpa gryllotalpa* L. (Slob-ech-Chergui), *Hydroschendyla submarina* (Grube). D'un autre côté, les calcaires tendres de l'îlot Cattaya du Sud abritent quelques animaux de l'horizon inférieur : *Carcinus mœnas* Pennant, *Pachygrapsus marmoratus* Fabr., *Blennius pavo* Risso qui restent à peu près à sec à marée basse; les calcaires de la plage de Chercheria, un des îlots qui ferment incomplètement l'entrée du Bahiret-el-Biban, abritent à côté des formes de l'horizon moyen quelques Gastropodes à l'état juvénile : *Gibbula umbilicaris* L., *Gibbula latior* Monts., *Phasianella speciosa*, *Pisania maculosa*, *Turricula* (*Pusiella*) *tricolor* Gmel.

CYTOLOGIE. — *Les linocytes du liquide cœlomique de* Glycera convoluta. Note de M. Armand Dehorne, présentée par M. F. Mesnil.

Les éléments cellulaires que je désigne ainsi ont été signalés pour la première fois chez les Glycériens par Kollmann [1] sous le nom de cellules énigmatiques du sang. Il les décrit de la façon suivante : « Elles sont très amiboïdes et très altérables ; dans le protoplasme se trouvent des sortes de capsules incomplètes, concentriques au noyau et fortement acidophiles. J'ignore ce que représentent ces singulières formations. Ce ne sont certainement pas des artifices de préparation, car on peut les observer sur le frais. Leur présence constante me paraît peu compatible avec l'hypothèse d'un organisme parasitaire. »

---

(1) Max Kollmann, *Annales des Sciences naturelles* (*Zoologie*), t. 8, 1908, p. 1.

Ces éléments, extrêmement répandus dans le liquide cœlomique, sont à peu près aussi nombreux que les érythrocytes. Très déformables, ils n'émettent cependant pas de pseudopodes à proprement parler et ne pratiquent pas ordinairement la phagocytose. Dimensions : 20^{μ} à 30^{μ}. Leur originalité est de présenter dans leur cytoplasme abondant et clair une sorte de périnème volumineux, dont le caractère est très particulier. Cette production, visible sur le frais, ne souffre pas d'une fixation acétiquée; même l'emploi du Benda et du Regaud n'apporte, en ce qui la concerne, pas d'autres renseignements que ceux fournis par le Bouin. L'observation en est donc facile et l'on s'étonne que Goodrich (1898) n'en ait point parlé. Son aspect le plus simple est un anneau épais, lisse, faisant le tour du noyau, tout contre lui ou à une certaine distance dans le cytoplasme. Sur le frais, cet anneau peut paraître homogène, mais la fixation, même non acétiquée, y révèle une structure grossièrement fibrillaire qui donne l'impression d'une dissociation imminente. Or celle-ci se produit normalement à un moment donné, d'où les stades à plusieurs anneaux filamenteux qui chevauchent et s'entremêlent en dessinant des huit de chiffre. Plus tard ces cordons lisses s'accroissent beaucoup, surtout en longueur, et ils forment de nombreuses boucles régulières jusqu'à la périphérie de la cellule en simulant des fibres conjonctives dissociées dans un œdème. Eux-mêmes ont une structure fibrillaire, et des branches s'en détachent qui vont se perdre en s'amincissant de plus en plus dans le cytoplasme. On est alors en présence d'une sorte d'appareil réticulaire interne. Mais, comme on voit, en aucun cas ces formations n'apparaissent comme des capsules incomplètes et concentriques.

Les linocytes sont uniquement des leucocytes devenus considérables et fortement différenciés. La forme la plus jeune est un leucocyte, le plus souvent allongé, qui mesure de 10 à 15 microns et dont le cytoplasme renferme un semis de fines granulations sidérophiles tout à fait comparables à des mitochondries. Elles se disposent par la suite en traînées et s'accolent pour donner progressivement naissance à un filament, mince encore, parfaitement homogène, lisse et replié plusieurs fois sur lui-même; à la longueur près, ce filament a les allures des chondriocontes.

On voit mal tout d'abord le rôle que peut jouer cet énorme dispositif à l'intérieur des linocytes adultes. La première pensée serait de l'envisager en tant qu'appareil de soutien et d'en faire une sorte d'armature élastique rappelant un peu la strie bordante des érythrocytes de la Salamandre, laquelle strie possède aussi une structure fibrillaire. Sa signification réelle

me paraît être cependant très différente. En effet, dans des préparations, provenant d'animaux bien fixés au Benda et au Regaud, on peut étudier des formes de linocytes où l'appareil fibreux est en pleine désintégration granulaire. Les filaments les plus épais se fragmentent en un certain nombre de tronçons qui se brisent ensuite en produisant des grains de grosseur très variable; ceux-ci, à leur tour, se résolvent en granules pendant que les parties fines de l'appareil se pulvérisent.

Des stades, qui montrent côte à côte des grains déjà formés et les tronçons des cordons fibreux bien conservés, apportent la démonstration de cette curieuse linolyse. En somme, les linocytes les plus évolués et dont la taille est la plus grande, donnent naissance à une nouvelle catégorie d'éléments cellulaires; ce sont les leucocytes granulés de Kollmann à granulations amphophiles. On n'en voit jamais qui mesurent moins de 25 microns.

Ainsi les linocytes ne sont pas le terme de l'évolution d'une catégorie spéciale de leucocytes, mais une forme de passage évoluant lentement et qui se métamorphose en une autre d'apparence et de fonction complètement différentes. En ce qui concerne l'appareil fibreux, je crois que nous sommes là en présence d'un constituant comparable à un chondriome, formation transitoire en dépit de sa longue durée probable, sorte de phase figurée intercalée dans un processus secrétoire. On sait que les leucocytes, d'une façon générale, sont très riches en substances variées, particulièrement en nucléo-protéides. Peut-être l'appareil fibreux est-il la forme sous laquelle s'accumule l'une ou l'autre de ces dernières dans le cytoplasme?

Le terme de linocyte, ici employé, a été créé, en 1900, par le zoologiste Benham ([1]), pour caractériser un type de leucocyte vivant dans la cavité générale de quelques Acanthodrilides de la Nouvelle-Zélande. Dans un Mémoire trop peu connu, cet auteur décrit des formes leucocytaires qui sont à coup sûr étroitement apparentées à celles qui font l'objet de la présente Note. La plus grande partie de la cellule est occupée par « a coiled thread » épais qui montre de minces fibrilles concentriques. Les figures de Benham, provenant la plupart d'observations sur le frais, ne laissent aucun doute sur l'identité de cette formation avec celle que je viens de décrire. Tablant sur ce que j'ai vu chez *Glycera*, je crois pouvoir affirmer que les linocytes de *Octochætus*, par exemple, se métamorphosent aussi en de grands leucocytes granulés; ce sont ici les lamprocytes, peut-être aussi les éléocytes.

([1]) W.-Blaxland Benham, *Quart. J. of micr. Sc.*, vol. 44, 1901, p. 565.

En résumé, il existe dans le liquide cœlomique de *Glycera*, polychète marin, des linocytes étroitement comparables à ceux des vers de terre de la Nouvelle-Zélande. Ces éléments renferment un appareil filamenteux en anneau ou d'aspect réticulaire, mais qui ne forme jamais que des capsules incomplètes autour du noyau. C'est une sorte de constituant protoplasmique rappelant assez bien le chondriome, mais sans pouvoir être homologué avec ce dernier. Il se détruit dans le linocyte adulte en produisant de nombreuses granulations, ce qui fait que le linocyte se transforme en une autre espèce, le leucocyte granulé à granulations amphophiles.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le pouvoir antiseptique du bichromate de potasse et du bichromate de cuivre.* Note [1] de MM. **A. Sartory** et **R. Sartory**, présentée par M. Guignard.

Il y a un an, Chavastelon [2] publia une Note sur un procédé de conservation du bois à l'aide du bichromate de cuivre. Il emploie ce sel pour empêcher l'invasion du bois par les moisissures et obtient des résultats intéressants.

Nous avons donc été amenés tout naturellement à rechercher le rôle antiseptique du sel de cuivre sur des cultures mycéliennes.

Nous avons d'abord comparé les pouvoirs antiseptiques du bichromate de potasse et du bichromate de cuivre vis-à-vis de diverses espèces cryptogamiques telles que : *Penicillium glaucum*, *Mucor racemosus*, *Rhizopus niger*, *Phycomyces splendens*, *Sterigmatocystis nigra*.

Dans des matras de 100^{cm^3}, nous avons réparti 50^{cm^3} de bouillon ordinaire glucosé; tous les matras ont été stérilisés à l'autoclave à la température de 120° pendant 20 minutes.

Pour chaque espèce cryptogamique étudiée, ainsi que pour chaque antiseptique employé, nous avons fait usage de six matras.

Le premier servant de témoin ne renfermait que du bouillon glucosé; dans chacun des cinq autres, nous avons réparti des quantités d'antiseptique différents suivant un ordre croissant, correspondant par litre de bouillon aux quantités suivantes : $0^{cg},10$; $0^{cg},20$; $0^{cg},50$, 1^{g}, 2^{g}.

---

(1) Séance du 31 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1178.

Puis, pour chacune des séries, nous avons ensemencé dans ces matras le même organisme; nous avons ensuite observé son développement.

Les résultats obtenus sont exposés dans les tableaux suivants :

Penicillium glaucum.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	id.
0,50	id.	croissance faible
1	croissance faible	croissance très faible
2	id.	pas de développement

Mucor racemosus.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	croissance faible
0,50	croissance faible	croissance très faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Rhizopus niger.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	id.
0,50	id.	croissance faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Phycomyces splendens.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance très faible
0,20	id.	id.
0,50	id.	pas de développement
1	croissance faible	id.
2	pas de développement	id.

Sterigmatocystis nigra.
Témoin : Bon développement.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	croissance faible
0,50	croissance faible	croissance très faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Pour une concentration de 1g *de bichromate de potassium par litre*, il y a encore croissance du *Sterigmatocystis nigra*; avec une dose *de* 1g *de bichromate de cuivre par litre*, il n'y a plus de développement.

Ces faits sont analogues pour les autres organismes expérimentés : le bichromate de cuivre paraît jouer un rôle sensiblement plus toxique que le bichromate de potassium vis-à-vis des espèces envisagées.

Nous avons étudié la modification morphologique du *Mucor racemosus* sous l'influence de concentrations diverses en bichromate de potassium ou en bichromate de cuivre. L'examen de la culture témoin montre des filaments enchevêtrés d'une épaisseur de 6^{μ} à 7^{μ}.

Pour une concentration de bichromate de potasse de $0^{cg},20$ par litre, la culture présente à peu de chose près l'aspect de la culture témoin : filaments mycéliens dont l'épaisseur varie de 5^{μ} à $7^{\mu},50$, quelques rares renflements mesurant 10^{μ} à $12^{\mu},50$.

Une modification beaucoup plus profonde atteint les cultures effectuées en présence de 1g de bichromate de potassium par litre; les filaments semblent diminuer d'épaisseur, ils ne mesurent plus que $3^{\mu},75$ à 5^{μ}. Les renflements sont beaucoup plus nombreux, ils atteignent $10^{\mu},50$ à $15^{\mu},50$ et même 15^{μ}. *L'examen microscopique* des cultures dans les milieux où l'on a substitué le bichromate de cuivre au bichromate de potassium a donné les résultats suivants : les organismes se développant sur bouillon additionné de $0^{cg},20$ de bichromate de cuivre par litre présentent à très peu près l'aspect de ceux que l'on fait croître sur bouillon additionné de la même quantité de bichromate de potassium.

Pour une teneur de bichromate de cuivre de $0^{cg},50$ par litre, on voit à l'examen microscopique des filaments assez grêles dont l'épaisseur varie de $6^{\mu},25$ à $7^{\mu},50$. De nombreux cloisonnements se forment; de plus, les renflements sont nombreux, leur épaisseur atteint jusqu'à 37^{μ}.

Nos conclusions sont les suivantes :

1° Le bichromate de cuivre exerce vis-à-vis des champignons inférieurs étudiés un pouvoir toxique plus fort que le bichromate de potassium.

2° Les modifications de structure constatées dans les cultures en présence de bichromate de cuivre sont beaucoup plus profondes que celles observées en présence de l'autre sel.

MÉDECINE. — *Du traitement des trajets fistuleux par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Maxime Ménard** et **Foubert**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous nous proposons dans cette Note de rapporter l'observation d'un certain nombre de malades porteurs de fistules et traités par les rayons ultraviolets. Nous ne tenons pas compte pour l'instant de la cause ou des causes ayant pu produire la fistule, pas plus d'ailleurs que nous ne nous préoccupons de l'origine de ces fistules, consécutives soit à une cause osseuse ou à la suppuration d'un ganglion ou encore à la cicatrisation défecteuse des tissus à la suite d'une intervention chirurgicale.

Observation I.— Mme T..., 30 ans. Fistule anale datant de 2 ans et traitée chirurgicalement pendant 2 ans.

Le traitement par les rayons ultraviolets, commencé en octobre 1923, est terminé en mars 1924 avec cicatrisation du trajet. Durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 4 heures.

Observation II. — Fistule thoracique consécutive à une résection costale faite il y a deux ans. Guérison en 3 mois. Durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 3 heures 50 minutes.

Observation III. — Adénite cervicale chez un homme de 23 ans dont la suppuration date de deux ans. Depuis un an, un trajet fistuleux est établi. Guérison en 16 séances. Durée de l'exposition aux rayons ultraviolets : 3 heures.

Observation IV. — Homme de 50 ans, ayant eu il y a un mois un abcès de la marge de l'anus avec fistule consécutive. Traité dans le service du Dr Launay qui nous l'adresse pour le traitement de la fistule. Guérison en 12 séances dont la durée totale est de 1 heure 15 minutes.

Observation V. — Dame de 30 ans, ayant eu il y a trois mois une adénite cervicale, opérée chirurgicalement. Fistule depuis deux mois, guérie par les rayons ultraviolets après une exposition dont la durée totale est de 5 heures 30 minutes.

Observation VI. — Homme de 52 ans, accidenté du travail, ayant subi l'amputation des deux phalanges d'un doigt, suivie d'une fistule datant de deux mois. Guérison en 9 séances représentant une irradiation totale de 1 heure 10 minutes.

Observation VII. — Mlle E..., 20 ans. Nombreuses fistules siégeant : trois à la

nuque, deux sur le dos, une à la face antérieure et trois à la face postérieure de la cuisse droite. Malade atteinte d'un Mal de Pott, pour lequel elle fit un séjour à Berck suivi d'amélioration. 55 séances ont été faites représentant une irradiation totale de 9 heures suivie d'une diminution marquée de la suppuration, arrêt même en certains points, mais il ne s'agit en aucune façon de guérison.

Observation VIII. — Homme de 38 ans, atteint d'une fistule survenue à la suite d'un abcès de la région thyroïdienne dans le pus duquel la présence du bacille de Koch fut constatée. Pas de bacilles dans les crachats. Opéré en mars 1923, avec drainage consécutif. Le drain enlevé, une fistule s'organise et le malade commence le traitement aux rayons ultraviolets en juin 1923. Quarante-six séances sont faites et représentent une irradiation totale de 9 heures 30 minutes. Guérison complète.

Observation IX. — Fistule inguinale chez un homme de 60 ans, opéré d'une orchite tuberculeuse il y a un an et demi. La guérison se maintient depuis janvier dernier, le traitement ayant nécessité 28 séances d'une durée totale de 4 heures.

Observation X. — Femme de 36 ans, atteinte de ganglions axillaires depuis 10 mois avec fistules datant de 6 mois. Le traitement radiothérapique n'ayant provoqué qu'une amélioration, la malade est traitée par les rayons ultraviolets. La guérison définitive est obtenue en 40 séances représentant 6 heures d'exposition totale.

Observation XI. — Fistule anale datant de 3 mois et opérée par le docteur Launay depuis 2 mois. La malade est traitée par les rayons ultraviolets. 40 séances correspondant à 2 heures 20 minutes d'exposition.

Observation XII. — Femme de 40 ans ayant subi il y a deux ans et demi une opération grave de l'abdomen à la suite de laquelle persiste une fistule stercorale dont l'orifice abdominal est situé à 2^{cm} au-dessus de la symphyse pubienne. Une deuxième fistule s'ouvre dans la vessie. Les urines sont de temps en temps purulentes. L'écoulement du pus est intermittent; mais, pendant les périodes d'arrêt, la malade a des malaises généraux accompagnés de douleurs locales. Une intervention chirurgicale semble avoir peu de chance de guérir la malade.

Le traitement, commencé en mai 1923, deux ans après l'apparition des fistules, a amené la disparition totale du pus dans les urines en deux mois, c'est-à-dire au commencement de juillet (durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 2 heures 45). La fistule stercorale n'est pas tarie et la malade part à la campagne jusqu'en octobre. A son retour, reprise du traitement aux rayons ultraviolets; la fistule stercorale est définitivement tarie à partir du 15 décembre. La malade, revue ces jours-ci, déclare qu'elle n'a plus de pus dans les urines et que la fistule stercorale reste définitivement cicatrisée. La durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets pour la fistule stercorale a été de 4 heures 30 minutes.

Nous ne poursuivons pas davantage l'énumération des observations des malades porteurs de fistules traités soit à l'hôpital, soit en ville. Leur nombre s'élève au total à cinquante-quatre, parmi lesquels nous comptons cinq échecs; l'un d'entre eux est relaté ici même (Observation VII).

Nous ne pouvons pas actuellement interpréter convenablement le mode

d'action des rayons ultraviolets, nous nous en tenons donc aux résultats expérimentaux dont la valeur augmente en raison directe de leur nombre. Nous ferons remarquer que l'observation XII prouve qu'une fistule profonde peut être guérie tout en n'étant pas directement exposée aux rayons ultraviolets.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 10 mars 1924.)

Note de M. *André Charriou*, Sur la purification électrolytique des précipités :

Page 936, ligne 16, *au lieu de* corps soluble continu, à l'influence d'un courant électrique, *lire* corps soluble, à l'influence d'un courant électrique continu.

(Séance du 31 mars 1924.)

Note de M. *A.-C. Guillaume*, Recherches sur les fonctions des capillaires sanguins :

Page 1211, la dernière ligne doit être reportée en haut de la page.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mars 1924.

Le Service météorologique de l'Afrique occidentale française en 1922, par Henry Hubert. Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 32cm.

Nouvelles recherches sur les grains orageux et les pluies en Afrique occidentale, par Henry Hubert. Paris, Émile Larose, 1922; 1 vol. 32cm.

Résumé des observations météorologiques faites en Afrique occidentale française jusqu'au 31 *décembre* 1921 (Service météorologique de l'Afrique occidentale française). Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 32cm.

Durées physiques indépendantes des dimensions spatiales, par Michel Pétrovitch. Zurich, Jean Frey S. A., et Paris, Albert Blanchard, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome III (fascicule III) : *Rubiacées*, par J. Pitard. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm.

Réception des signaux horaires, renseignements météorologiques, sismologiques, etc., transmis par les postes de télégraphie sans fil de la Tour Eiffel, Lyon, Bordeaux, etc., publiés par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 24cm.

Revue bretonne de botanique pure et appliquée, dirigée par Lucien Daniel. Rennes, Oberthür, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923; 6 fasc. 25cm.

Mémoire sur le pendule et le balancier considérés comme régulateurs des instruments à mesurer le temps, par J. Wagner. Paris, Ch. Maréchal, 1867; 1 vol. 26cm,5. (Offert par M. G. Borrel, présenté par M. Bigourdan.)

Le florilège contemporain : Marcelin Berthelot (pages choisies). Paris, G. Grès et Cie, s. d.; 1 vol. 19cm.

(*A suivre.*)